

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Monitorování sítí WiFi

WiFi Networks Monitoring

2014/2015

Petr Kováčik

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Petr Kováčik

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R059 Mobilní technologie

Téma:

Monitorování sítí WiFi
WiFi Networks Monitoring

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zmapovat nabídku a vzájemně porovnat aplikace pro mobilní koncová zařízení sloužících pro monitorování sítí WiFi.

1. Popis monitorovaných parametrů v sítích WiFi.
2. Zmapování nabídky aplikací pro monitorování parametrů sítí WiFi.
3. Měření parametrů sítí WiFi ve zvolené lokalitě.
4. Srovnání aplikací pro monitorování parametrů sítí WiFi.

Seznam doporučené odborné literatury:

Perahia E., Stacey R.: Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac, Cambridge University Press 2013, ISBN 978-1-107-01676-7

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Šebesta, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 29. dubna 2015



.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Romanu Šebestovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá testováním mobilních aplikací pro měření parametrů sítí Wi-Fi. V první polovině práce rozebírá teoretickou problematiku parametrů v bezdrátových sítích IEEE 802.11 a dále mapuje nabídku měřících mobilních aplikací a jejich rozdělení. V druhé polovině je proveden test samotných aplikací různých typů, jejich zhodnocení a porovnání.

Pro měření jsou využity dvě chytrá mobilní koncová zařízení a dva směrovače. Cílem práce je zmapovat nabídku mobilních aplikací na trhu, porovnat jejich možnosti a výsledky.

Klíčová slova

IEEE 802.11; síť Wi-Fi; úroveň signálu; kanál; aplikace; Android; směrovač; mobilní koncová zařízení;

Abstract

This bachelor thesis deals with the testing of mobile applications for measuring parameters of Wi-Fi networks. In the first half, the work examines the theoretical problems of the parameters in the IEEE 802.11 wireless networks and maps measuring range of mobile applications and their distribution. In the second half, the test is performed using different types of themselves, their evaluation and comparison.

For measurements were used two smart mobile devices and two routers. The main goal of this thesis is to map the range of mobile applications on the market, compare their options and results.

Key words

IEEE 802.11; Wi-Fi network; signal strength; channel; application; Android; router; mobile end devices;

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
G	dB	Výkonový zisk
P	W	Výkon

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam	Český ekvivalent
AES	Advanced Encryption Standard	Standard Pokročilého Šifrování
AP	Access Point	Přístupový Bod
API	Application Programming Interface	Rozhraní pro Programování Aplikací
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Americký Standardní Kód pro Výměnu Informací
BSA	Basic Service Area	Základní Oblast Služby
BSS	Basic Service Set	Základní Sada Služby
BSSID	Basic Service Set Identification	Identifikace Základní Sady Služby
CSV	Comma -Separated Values	Hodnoty Oddělené Čárkami
ČTÚ	Český Telekomunikační Úřad	Český Telekomunikační Úřad
ECC	Error Correction Code	Kód Opravující Chyby
ESS	Extended Service Set	Rozšířená Sada Služby
ESSID	Extended Service Set Identifier	Identifikátor Rozšířené Sady Služby
GPS	Global Positioning System	Globální Polohový Systém
GUI	Graphic User Interface	Grafické Uživatelské Rozhraní
HD	High Definition	Vysoké Rozlišení
HTML	Hypertext Markup Language	Hypertextový Značkovací Jazyk
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Institut pro Elektrotechnické a Elektronické Inženýrství
IP	Internet Protocol	Internetový Protokol
LAN	Local Area Network	Lokální Síť
MAC	Media Access Control	Řízení Přístupu k Médii
OS	Operating System	Operační Systém

PER	Packets to Error Ratio	Poměr Paketů k Chybě
PSK	Preshared Key	Předsdílený Klíč
RSS	Received Signal Strength	Přijímaná Úroveň Signálu
RSSI	Received Signal Strength Indicator	Indikátor Přijímané Úrovně Signálu
SNR	Signal to Noise Ratio	Poměr Signálu k Šumu
SSID	Service Set Identifier	Identifikátor Sady Služby
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol	Protokol Integrity Dočasného Klíče
UI	User Interface	Uživatelské Rozhraní
UTF	Universal character set Transformation Format	Univerzální znaková řada Transformačního Formátu
WEP	Wired Equivalent Privacy	Soukromí Ekvivalentní Drátovým sítím
WLAN	Wireless Local Area Network	Bezdrátová Lokální Síť
WPA	Wi-Fi Protected Access	Chráněný Přístup k Wi-Fi

Obsah

Úvod	- 1 -
1 Monitorované parametry v sítích Wi-Fi	- 2 -
1.1 Přijímaná úroveň signálu	- 2 -
1.1.1 Hodnoty RSS v IEEE 802.11	- 3 -
1.1.2 Poměr signálu k šumu	- 4 -
1.1.3 Procentuální vyjádření a RSSI	- 5 -
1.2 Frekvenční pásma a kanály	- 5 -
1.2.1 Podpora pásem u chytrých mobilních zařízení	- 8 -
1.3 Identifikační parametry a bezpečnostní protokoly	- 8 -
1.3.1 Identifikátory SSID a BSSID	- 8 -
1.3.2 Bezpečnostní protokoly v sítích Wi-Fi	- 9 -
1.4 Limitace a omezení chytrých mobilních zařízení	- 11 -
2 Zmapování nabídky aplikací	- 12 -
2.1 Operační systémy pro chytrá mobilní zařízení	- 12 -
2.2 Distribuce aplikací na mobilní platformě	- 13 -
2.3 Rozdělení aplikací pro monitorování parametrů sítí Wi-Fi	- 14 -
3 Testování aplikací	- 16 -
3.1 Měřicí přístroje a použitý směrovač	- 16 -
3.2 Měření úrovně přijímaného signálu	- 18 -
3.2.1 Metodika měření	- 18 -
3.2.2 Naměřené výsledky	- 20 -
3.3 Testování frekvenčních kanálů	- 24 -
3.3.1 Metodika měření	- 24 -
3.3.2 Naměřené výsledky	- 24 -
3.4 Testování aplikací pro tvorbu map pokrytí signálem	- 29 -
3.4.1 Metodika měření	- 29 -
3.4.2 Naměřené výsledky	- 31 -
3.5 Testování datové propustnosti sítě	- 34 -
3.5.1 Metodika měření	- 34 -

3.5.2	Naměřené výsledky.....	- 34 -
4	Srovnání aplikací pro monitorování sítí Wi-Fi	- 36 -
4.1	Aplikace pro vytváření map pokrytí signálem	- 36 -
4.1.1	Uživatelská rozhraní a možnosti nastavení	- 36 -
4.1.2	Zpracování lokace telefonu a vstupních hodnot	- 37 -
4.1.3	Výsledná mapa intenzity signálu a možnosti exportu	- 38 -
4.2	Aplikace pro analýzu sítí v dosahu mobilního zařízení.....	- 38 -
4.2.1	Uživatelská rozhraní a možnosti nastavení	- 38 -
4.2.2	Interpretace dostupnosti volných kanálů	- 39 -
	Závěr	- 40 -
	Použité zdroje.....	- 41 -
	Seznam příloh	- 42 -

Úvod

Bezdrátové sítě Wi-Fi (Wireless Fidelity) nás dnes obklopují na každém kroku. S příchodem velkého množství chytrých mobilních zařízení, lidé stále více vyžadují jednoduché a rychlé připojení k internetu v místě, kde se zrovna nachází, což jim lokální síť LAN (Local Area Network) neumožní. Tyto bezdrátové sítě se používají často pro propojení několika zařízení (počítačů, tabletů, chytrých telefonů), či při vytváření lokálních bezdrátových sítí WLAN (Wireless Local Area Network). Nespornou výhodou je odstranění nutnosti propojovací kabeláže, která je mnohdy velice náročná, v některých případech neřešitelná. Další výhodou je jejich velice jednoduchá konfigurace. Podle analytiků se ročně vyexpeduje přes bilion zařízení, podporující technologii Wi-Fi [1].

Chytrá mobilní zařízení se stávají stále více populární díky mnohem rozšířenější funkčnosti oproti klasickým telefonům. Nejpopulárnější z těchto zařízení jsou založená na otevřeném (open source) systému Android. Na trhu je aktuálně více než 1,5 milionu aplikací pro tento operační systém [2].

V první kapitole se práce zaměřuje na teoretický rozbor monitorovaných parametrů v sítích Wi-Fi. V druhé kapitole je provedeno zmapování operačních systémů pro koncová mobilní zařízení, a také nabídky aplikací určených pro mobilní zařízení, které jsou rozděleny do příslušných kategorií. Tato práce se zaměřuje na mobilní měřicí aplikace sítí Wi-Fi pro systém Android. S nimi je provedeno testování, které je rozvedeno v kapitole tři. V závěrečné kapitole práce mapuje jejich funkčnost, vlastnosti a vzájemně je porovnává a srovnává jejich možnosti.

1 Monitorované parametry v sítích Wi-Fi

1.1 Přijímaná úroveň signálu

Základní logaritmickou jednotkou v telekomunikačních systémech je decibel [dB]. Tato jednotka se využívá pro vyjádření rozdílu v úrovni signálů. Jedná se o fyzikálně bezrozměrnou jednotku, která je dána poměrem dvou elektrotechnických veličin. Vyjádření výkonového zisku G (gain) antény se dá tedy v jednotkách dB zapsat jako poměr výstupního výkonu k výkonu vstupnímu, jak znázorňuje rovnice 1.1.

$$G = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad (1.1)$$

G – Výkonový zisk antény v decibelech

P_1 – Vstupní výkon ve wattech

P_2 – Výstupní výkon ve wattech

Abychom mohli vyjádřit absolutní úroveň výkonu v dB, musíme si určit referenční hodnotu. Nejběžnější používaná referenční hodnota v telekomunikačních technologiích je 1 miliwatt (mW). Poměr výkonu vztažený na 1 mW je označován jako dBm. Matematické vyjádření jednotky dBm popisuje rovnice 1.2.

$$dBm = 10 \log \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \quad (1.2)$$

P – Výkon ve wattech

O základním převodním vztahu mezi jednotkami ve wattech a jednotkami v dBm, pojednává tabulka 1.1.

Tabulka 1.1: *Vztah mezi jednotkami ve W a v jednotkách v dBm*

Výkon [W]	10	1	0,1	0,001	10^{-6} (1 μ W)	10^{-12} (1 pW)
Přijímaná úroveň signálu [dBm]	40	30	20	0	-30	-90

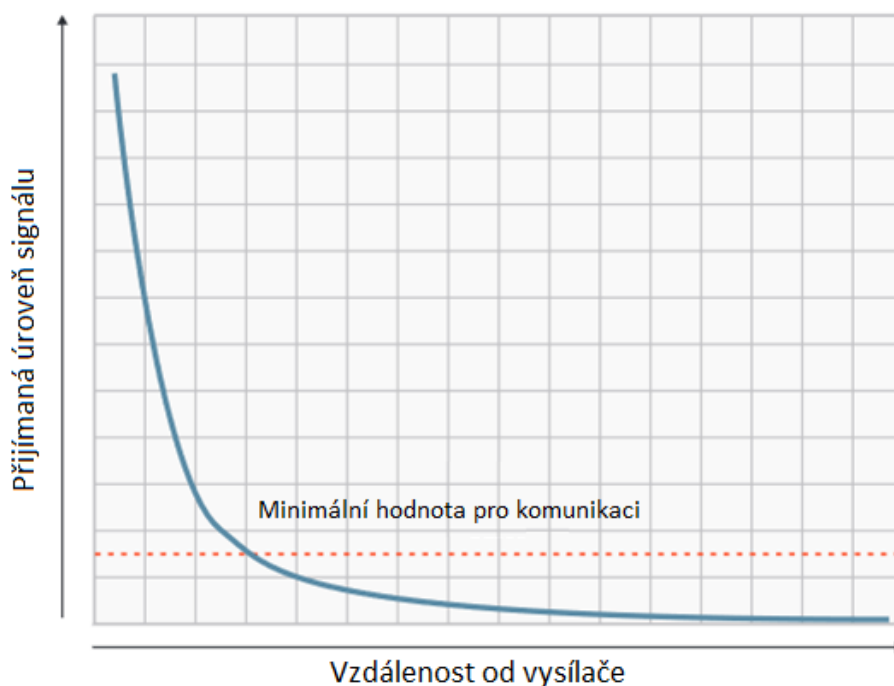
Pro síť WLAN je od ČTÚ (Český telekomunikační úřad) stanovený maximální izotropický vyzářený výkon antény na 30 dBm (1 W), který lze využít na kmitočtech 5470 MHz až 5725 MHz. Izotropický vyzářený výkon se skládá z vyzářeného výkonu antény a jejího zisku, kdy je signál vyzařován rovnoměrně ve všech směrech. Regulované podmínky pro provoz lokálních bezdrátových sítí na jednotlivých kmitočtech, zobrazuje tabulka 1.2. Plné znění podmínek pro provoz bezdrátových sítí v České Republice stanovených ČTÚ, lze nalézt uvedené v příloze A.

Tabulka 1.2: Regulační podmínky pro provoz sítí Wi-Fi stanoveného ČTÚ (příloha A)

Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon	Další podmínky
2400,0 - 2483,5 MHz	100 mW e.i.r.p.	Systémy s technikou DSSS nebo OFDM
5150 - 5250 MHz	200 mW e.i.r.p.	Pouze pro využití uvnitř budovy
5250 - 5350 MHz	200 mW střední e.i.r.p.	Pouze pro využití uvnitř budovy
5470 - 5725 MHz	1 W střední e.i.r.p.	Maximální střední spektrální hustota e.i.r.p. je 50 mW/MHz v libovolném 1 MHz úseku

1.1.1 Hodnoty RSS v IEEE 802.11

Existuje mnoho faktorů ovlivňující bezdrátový přenos a jeho hodnotu přijímané úrovně signálu, označovanou jako RSS (received signal strength). Mohou to být odrazy signálu od statických či pohybujících se předmětů v prostoru, rozptyl signálu od prvků s reflexním povrchem. Dále také například lom (refrakce), kdy dochází ke změně směru vlnění při průchodu mezi prostředími s jinou optickou hustotou. Útlum RSS je přímo závislý na zvyšující se vzdálenost zařízení od přístupového bodu (obrázek 1.1).



Obrázek 1.1: Závislost úrovně signálu na vzdálenosti [3]

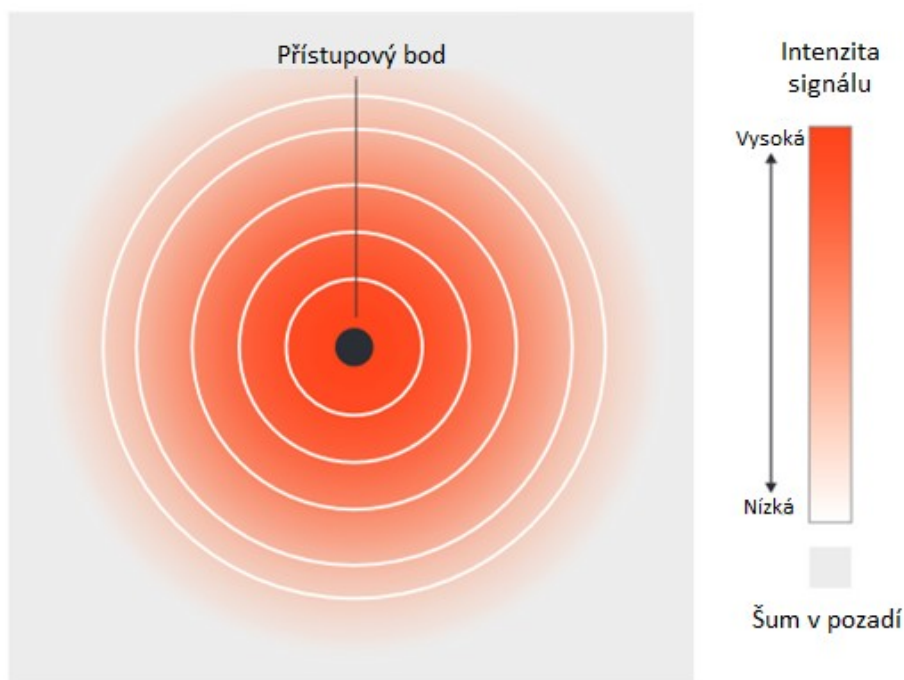
Minimální hodnoty RSS pro síť Wi-Fi udává výrobce zařízení a závisí na konkrétním přijímači, okolním prostředí i na použitém doplňku standardu Institutu pro elektrotechnické a elektronické inženýrství IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11.

Tabulka 1.3: *Minimální přijímaná úroveň signálu pro Cisco Airnet 3600 [4]*

Standard IEE 802.11	802.11b	802.11g	802.11.a	802.11n (2,4 GHz)	802.11n (5 GHz)
Minimální přijímaná úroveň [dBm]	-101	-91	-90	-90	-91

1.1.2 Poměr signálu k šumu

Kritickým faktorem pro výsledné připojení však není samotná hodnota RSS, ale poměr signálu k šumu SNR (signal to noise ratio). Čím vyšší je tento parametr, tím vyšší datové propustnosti a nižšího poměru chyb ve vysílaném kanálu můžeme dosáhnout. Okolní šum je přítomný ve všech prostředích v konstantní průměrné intenzitě, není závislý na okolních komunikačních zdrojích a nelze jej zcela odstranit.



Obrázek 1.2: *Intenzita signálu v závislosti na šumu v pozadí [3]*

Nejnižší hodnota RSS pro dosažení dostatečného SNR, a tím daných datových rychlostí, se nazývá citlivost (sensitivita). Pokud RSS je příliš nízká pro aktuální datovou propustnost, datový přenos se stane nespolehlivý. Tento jev se řeší změnou typu modulace vysílaného signálu, nebo změnou poměru kódování pomocí samoopravných kódů ECC (error correction code).

Dochází k snížení datového toku, dokud není SNR tak nízký i pro komunikaci na nejnižší možné datové propustnosti. Poté dojde ke ztrátě a výpadku spojení.

Tabulka 1.4: *Sensitivita 802.11g pro směrovač Cisco Aironet 3600 [4]*

Datová propustnost [Mbit/s]	6	9	12	18	24	36	48	54
Minimální přijímaná úroveň [dBm]	-91	-91	-91	-90	-87	-85	-80	-79

1.1.3 Procentuální vyjádření a RSSI

Indikátor přijímané úrovně RSSI (Received Signal Strength Indicator) na rozdíl od RSS udává relativní hodnotu intenzity signálu. Bývá vždy kladný a nevyjadřuje se žádnou jednotkou. Společně s procentuálním vyjádřením nemá pevně stanovené hodnoty pro převod, obě tyto vyjádření jsou tedy zcela na výrobcích. Jejich cílem je usnadnit pochopení přijímané úrovně signálu pro běžné uživatele.

Tabulka 1.5: *Výběr převodů hodnot dBm na RSSI v systémech CISCO [5]*

Hodnota RSS [dBm]	-113	-87	-58	-33	-10
Hodnota RSSI [-]	0	25	50	75	100

1.2 Frekvenční pásma a kanály

Bezdrátové sítě založené na standardu IEEE 802.11 mohou pracovat v pásmu 2,4 GHz (2,4 až 2,483 GHz), kdy pro Českou Republiku je k dispozici 13 kanálů, s odstupem 5 MHz. Šířka kanálu Wi-Fi je rozdílná pro jednotlivé doplňky standardu 802.11 (tabulka 1.6).

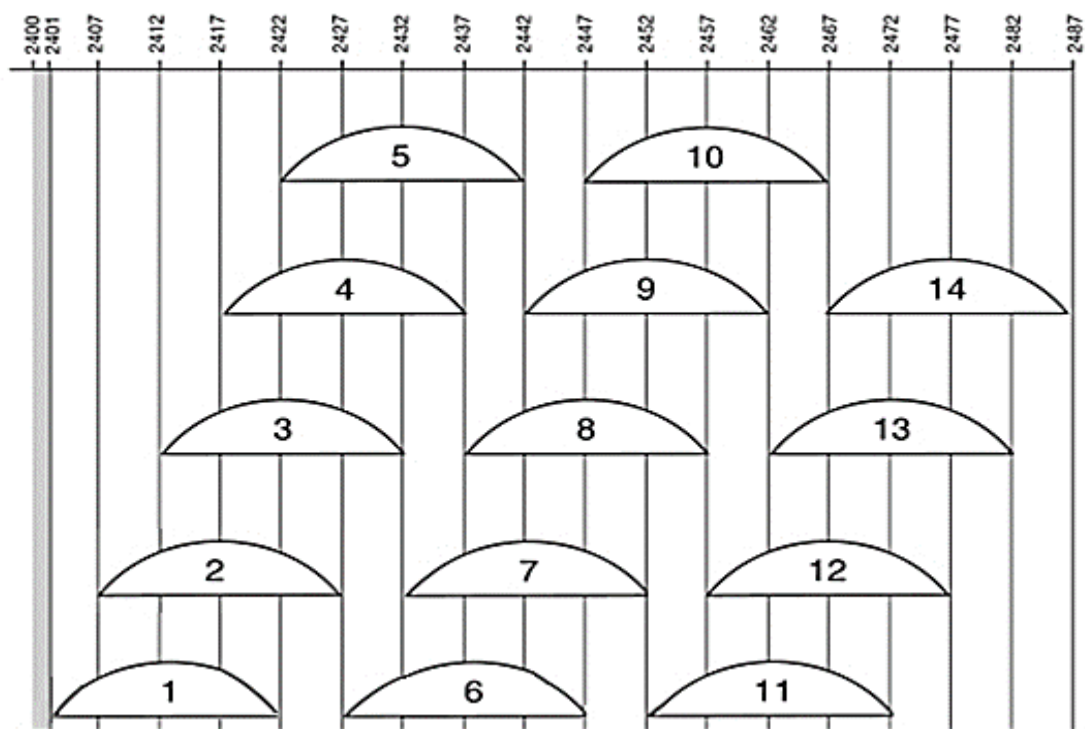
Tabulka 1.6: *Přehled šířek kanálů v jednotlivých doplňcích [1]*

Standard IEEE	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Šířka kanálu [MHz]	22	20	22	20	20, 40	20, 40, 80, 160

Šířka Wi-Fi kanálu standardu 802.11b tak zabírá 22 MHz, jednotlivé kanály se tedy překrývají. Z toho vyplývá, že provozovat lze až tři souběžná zařízení bez vzájemného rušení.

Tabulka 1.7: Přehled povolených kanálů a jejich středních frekvencí pro pásmo 2,4 GHz

Číslo kanálu	Střední frekvence [MHz]
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472

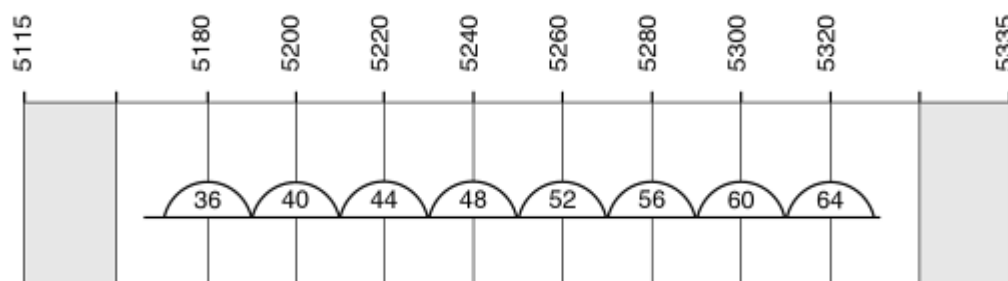


Obrázek 1.3: Šířky kanálů v pásmu 2,4 GHz o šířce 20 MHz [1]

Druhým frekvenčním pásmem je pásmo 5 GHz (5,180 GHz až 5,725 GHz). V Evropě je dostupných 19 kanálů, ze kterých je prvních 5 (kanály 32–48, 5,160–5,240 GHz) určeno pro využití uvnitř budov. Maximální vysílací výkon je zde tedy omezen na 200 mW. Kanály 52 až 68 (5,26 GHz až 5,34 GHz) jsou rovněž určeny pro využití uvnitř budov, zařízení však musí mít automatickou regulaci výkonu, v rozsahu -3dB, a dále musí dynamicky vybírat pracovní kmitočet. Maximální vysílací výkon je rovněž 200 mW. Plné znění legislativy vydané ČTÚ je uvedeno v příloze A.

Tabulka 1.8: *Přehled kanálů pro použití uvnitř budov pro pásmo 5 GHz*

Číslo kanálu	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
Střední frekvence [MHz]	5160	5180	5200	5220	5240	5260	5280	5300	5320	5340



Obrázek 1.4: *Frekvenční kanály o šířce 40 MHz v pásmu 5 GHz pro využití uvnitř budov [1]*

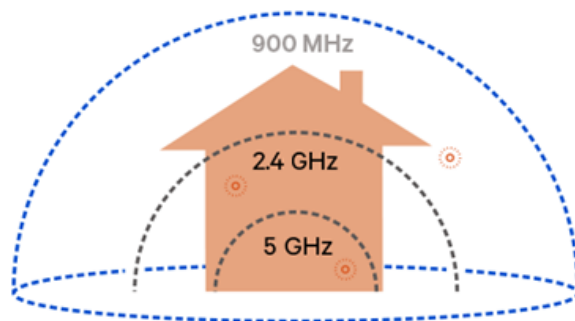
Zbýlých 11 kanálů (kanály 100–140, 5,470–5,725 GHz) lze použít i mimo budovy, vysílací zařízení musí být vybavena dynamickým výběrem frekvencí a regulací výstupního výkonu. Kanály 100 až 140 mají omezený maximální výstupní výkon na 1 W. Přehled kanálů a jejich středních frekvencí zobrazuje tabulka 1.9.

Tabulka 1.9: *Přehled zbylých kanálů v pásmu 5 GHz*

Číslo kanálu	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140
Střední frekvence [MHz]	5500	5520	5540	5560	5580	5600	5620	5640	5660	5680	5700

1.2.1 Podpora pásem u chytrých mobilních zařízení

Ačkoliv frekvenční pásmo 2,4 GHz, má lepší prostupnost prostředím a vyšší dosah dostupnosti služby, pásmo 5 GHz je využito u obou nejnovějších certifikovaných doplňků 802.11n (2009) i 802.11ac (2014). Důvodem je zejména nižší využití a více volných kanálů v pásmu 5 GHz, jelikož všechna zařízení typu Bluetooth, bezšňůrové telefony, mikrovlnová technika apod. pracuje v pásmu 2,4 GHz.



Obrázek 1.5: *Vzdálenost pokrytí signálem v různých pásmech [6]*

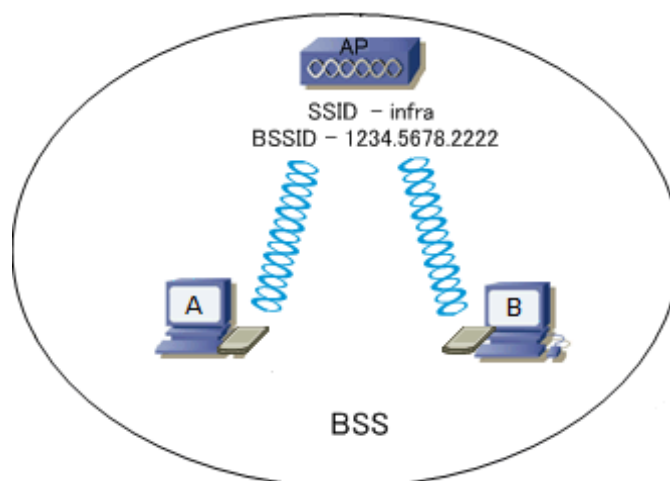
Většině aktuálně využívaných modelů chytrých telefonů, hardwarová podpora frekvenčního pásma 5 GHz chybí. Toto se dá snadno ověřit pomocí serverů, které obsahují mobilní katalogy a možnosti filtrace vyhledávání. Pokud například porovnáme chytré telefony značky Samsung v letech 2011-2014 tak zjistíme, že ze 171 typů vydaných telefonů jich pouze 40 dokáže pracovat v pásmu 5 GHz. To tedy znamená přibližně 23,39% [7]. Tento trend se však samozřejmě zvyšuje, zejména díky uvádění nových modelů telefonů na trh a zvyšujícím se počtem přístupových bodů využívajících nových standardů.

1.3 Identifikační parametry a bezpečnostní protokoly

Tyto parametry slouží k identifikaci bezdrátové sítě nebo označují použitou techniku pro zabezpečení přenosu dat a autentizaci přístupu k síti.

1.3.1 Identifikátory SSID a BSSID

Základním stavebním kamenem 802.11 LAN je buňka BSS (basic service set), ve kterém se nachází skupina koncových stanic, které spolu komunikují. Tyto stanice se nachází v určité oblasti pokrytí a dostupnosti služby. Tato oblast se nazývá BSA (basic service area). Více buněk BSS, které jsou propojeny, tvoří síť ESS (extended service set).



Obrázek 1.6: Ukázka BSS v infrastrukturní síti

Služba identifikační sady SSID (service set identifier), někdy také jednoduše nazývána jako „název sítě“, je unikátní identifikátor každé sítě Wi-Fi. Skládá se až z 32 bitů znaků, kódovaných v americkém standardním kódu pro výměnu informací ASCII (American Standard Code for Information Interchange) nebo univerzální znakovou řadou UTF-8 (Universal character set Transformation Format). Tento identifikátor vysílá přístupový bod AP (access point) zpravidla desetkrát za sekundu a slouží ke vzájemnému připojení stanic. Pro zvýšení bezpečnosti je možné vysílání tohoto identifikátoru skrýt. Můžeme se setkat i s označením identifikátoru ESSID (extended service set identifier), kdy se takto označuje SSID v rámci ESS.

SSID je ve všech BSS spadajících do stejné sítě ESS shodné. Unikátní identifikátor jednotlivých AP v BSS je BSSID (basic service set identification). Tento identifikátor je generovaný automaticky a skládá se ze 48 bitové adresy MAC (media access control) daného přístupového bodu [8].

1.3.2 Bezpečnostní protokoly v sítích Wi-Fi

Komise kolem standardu IEEE 802.11 od počátku vzniku považovala bezdrátový přenos jako napadnutelný z hlediska bezpečnosti. Proto vyvinula několik metod bezpečnostních protokolů pro šifrování dat, které postupem času rozšiřovala v dalších doplňcích standardu 802.11.

1.3.2.1 *Wired Equivalent Privacy*

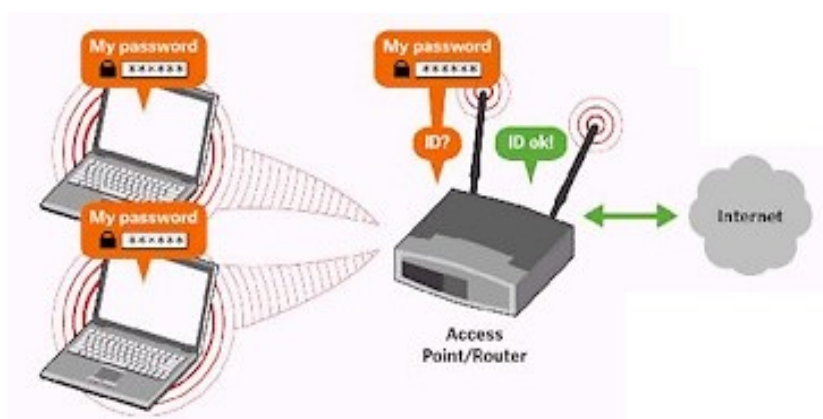
Soukromí ekvivalentní drátovým sítím WEP (Wired Equivalent Privacy) je původní bezpečnostní protokol navržený tak, aby pouze autorizované stanice mohly zobrazovat bezdrátově přenášená data. K dosažení výsledku využívá toho, že nešifrovaný text zašifruje do formátu, který nelze přechíst neautorizovanými stanicemi. WEP spoléhá na tajný klíč, který je sdílený mezi klientem a přístupovým bodem. Stejný klíč musí znát přístupový bod i všechna koncová zařízení, jelikož je používám pro rozšifrování příchozích paketů, a zároveň pro šifrování

odchozích paketů. Tajný klíč musí mít délku minimálně 64 bitů, ovšem většina výrobců umožnila rozšíření délky až na 128 bitů. Tento bezpečnostní protokol se však ukázal jako snadno prolomitelný odchycením dvou kolizních paketů a jejich analýzou. WEP tak byl postupně nahrazen bezpečnějšími metodami zabezpečení [9].

1.3.2.2 *Wi-Fi Protected Access*

V roce 2003 Wi-Fi Alliance uvedla protokol zabezpečeného přístupu WPA (Wi-Fi Protected Access) společně s představením doplňku 802.11i. Tento protokol zahrnuje jak samotné šifrování, tak i proces autentizace. WPA přináší technologii TKIP (temporal key integrity protocol) pro šifrování, která využívá dynamický klíč o velikosti 128 bitů, který je generován pro každý nový vytvořený paket. Existuje až 280 trilionů možných klíčů, které se mohou vygenerovat pro jednotlivý paket. Tyto rozdílné klíče navíc zabraňují kolizím, což byla jedna z hlavních slabín bezpečnostního protokolu WEP.

Autentizace u protokolu WPA využívá předsdíleného klíče PSK (preshared key). Jak vyplývá z názvu, shodný klíč musí být vytvořený a vložený jak v přístupovém bodu, tak také ve všech ostatních bezdrátových zařízeních před začátkem samotné komunikace. Když se bezdrátové zařízení snaží o připojení k přístupovému bodu, tak je uživatel vyzván k vložení klíče. Na rozdíl od WEP však autentizace pomocí PSK nevyužívá přístupový klíč přímo k samotnému šifrování, pouze jako počáteční bod pro matematické generování samotného šifrovacího klíče [9].



Obrázek 1.7: *Princip autentizace u sítí Wi-Fi [10]*

V září 2004 Wi-Fi Alliance představila WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2), který přinesl nový standard pokročilého šifrování AES (Advanced Encryption Standard). Algoritmus tohoto protokolu využívá bloky o velikosti 128 bitů, každý z nich má pak vlastní šifrovací klíč. Tento klíč může být o velikosti 128, 192 nebo 256 bitů. Pro autentizaci u WPA2 primárně stále zůstává PSK [9].

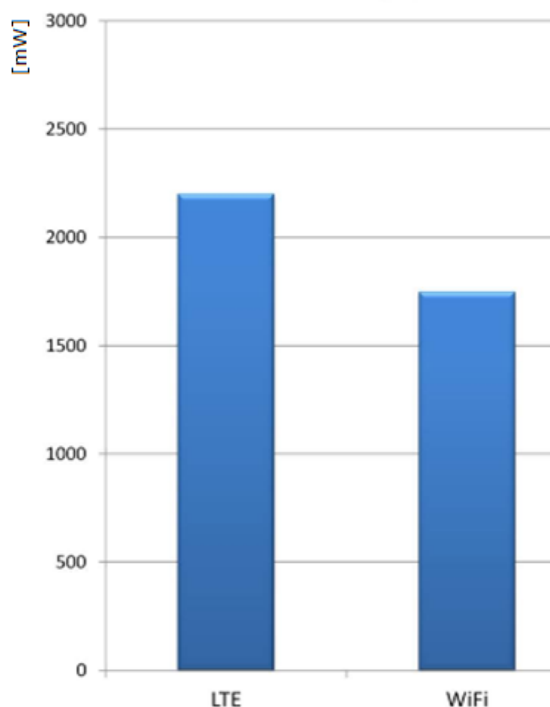
1.4 Limitace a omezení chytrých mobilních zařízení

Limitace mobilních zařízení pro analýzu a měření sítí Wi-Fi je přímo spjata s hardwarovou výbavou, ale i s limitací samotných operačních systémů u chytrých mobilních zařízení.

Operační systém Android využívá, stejně jako ostatní systémy na bázi Linux, oprávnění uživatele „superuser“. Tento uživatel má nejvyšší možná administrátorská oprávnění pro správu systému. Většina výrobců však tyto práva pro uživatele nechává v systému zamknutá kvůli bezpečnosti, aplikace tedy jsou spouštěny pouze s právy jako „běžný“ uživatel. Bez těchto vyšších oprávnění jsou ovšem měřicí aplikace limitovány řadou omezení, například nemohou analyzovat síťovou komunikaci na úrovni paketů - fyzické vrstvy.

Hardwarová omezení vyplývají z povahy a designu mobilních zařízení. Tato zařízení se snaží optimalizovat výkon pro efektivní spotřebu, na rozdíl od stolních počítačů, zaměřených na výpočetní výkon a výpočetní propustnost.

Průměrná výdrž 1850 mAh baterie při analýze bezdrátových sítí u 4,65" zařízení se systémem Android je 4,5h [11]. Pro srovnání, dedikovaný mobilní analyzátor AirCheck Wi-Fi tester od firmy Fluke, má udávaný čas provozu na 1850 mAh baterii 5,5h [12].



Obrázek 1.8: Průměrná spotřeba energie v mW při analýze Wi-Fi na OS Android [11]

2 Zmapování nabídky aplikací

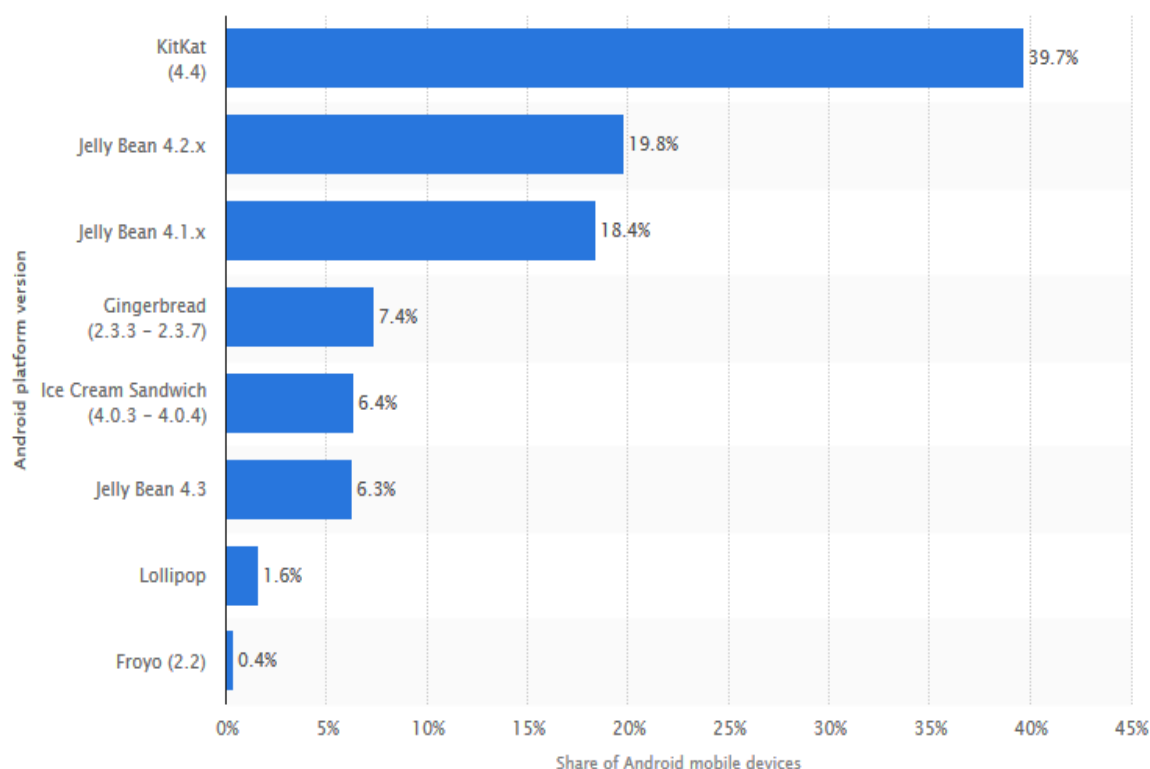
2.1 Operační systémy pro chytrá mobilní zařízení

Nabídka aplikací pro uživatele se nejprve odvíjí od operačního systému OS (Operating System) mobilního zařízení. Pokud nebudeme uvažovat o specifických a uzavřených systémech, které můžeme nalézt například i v dedikovaných analyzátoch, tak v současné době mají na trhu významný podíl dva základní systémy, které je možné nalézt v koncových mobilních zařízeních.

Tabulka 2.1: Podíl mobilních operačních systémů na trhu [13]

Období	Android	iOS	Windows Phone	Blackberry OS	Ostatní
Q4 2014	76,6%	19,7%	2,8%	0,4%	0,5%
Q4 2013	78,2%	17,5%	3,0%	0,6%	0,8%
Q4 2012	70,4%	20,9%	2,6%	3,2%	2,9%
Q4 2011	52,8%	23,0%	1,5%	8,1%	14,6%

Ne všechny aplikace tedy můžeme nalézt na všech těchto systémech. Existují aplikace multiplatformní, operující pod více systémy, některé aplikace jsou ovšem specifické pouze pro jeden OS. Dále aplikace mohou vyžadovat určitou verzi daného systému, které mají rozdílnou verzi rozhraní pro programování aplikací API (Application Programming Interface). Tato podmínka se nejčastěji přímo odvíjí od využívaných systémových funkcí, které nemusí být ve starších verzích k dispozici. Z hlediska funkčnosti aplikací je nabídka na jednotlivých systémech obdobná, jelikož limitace zde není způsobena softwarem, ale spíše hardwarem a cílovým určením mobilního zařízení.



Obrázek 2.1: Podíl jednotlivých verzí OS Android k Lednu 2015 [14]

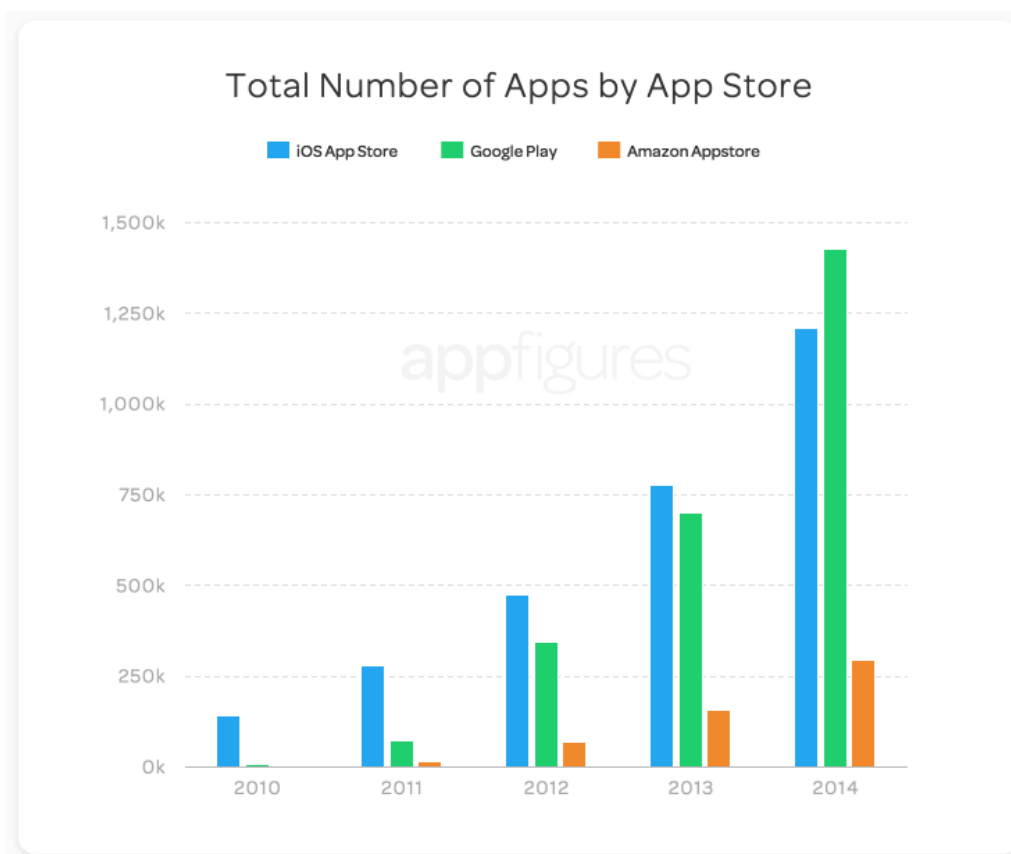
2.2 Distribuce aplikací na mobilní platformě

K šíření a distribuci aplikací lze využít dva základní proudy. První z nich je oficiální obchod s aplikacemi, který je specifický pro každou platformu. Druhý způsob je vlastní distribuce a úložiště výrobce.

Vlastní distribuci využívají zejména placené profesionální a specifické aplikace, které pro svůj chod vyžadují další technická zařízení nebo nejsou samostatným celkem. Zpravidla tyto aplikace nalezneme přímo na stránkách výrobce, odkud se dají zakoupit a stáhnout. Příkladem může být aplikace AirCheck Wi-Fi Tester for Android od firmy Fluke.

Naprostou většinu aplikací ovšem nalezneme v oficiálních obchodech. Pro systém Android [18] je to Google Play Store [19]. Zde se nachází aplikace, které jsou dostupné zcela zdarma (freeware), tak i placené aplikace, seřazené dle kategorií, s možností filtrace a vyhledávání. Všechny tyto aplikace jsou navíc ověřeny proti škodlivosti a existuje zde systém doporučení a hodnocení od uživatelů.

Tato práce se zabývá pouze těmi aplikacemi, které mají svou neplacenou verzi, nebo jsou kompletně zdarma. Výběr konkrétních aplikací byly provedeny na základě recenzí uživatelů a na základě počtu jejich stažení.



Obrázek 2.2: Počet aplikací ke stažení v jednotlivých obchodech [12]

2.3 Rozdělení aplikací pro monitorování parametrů sítí Wi-Fi

Pro mobilní zařízení existují aplikace, které analyzují síť Wi-Fi z různých pohledů. Bylo provedeno jejich rozdělení do následujících kategorií:

- Aplikace pro vytváření map pokrytí signálem
- Aplikace pro analýzu sítě v dosahu mobilního zařízení
- Aplikace pro testování datové propustnosti sítě
- Aplikace pro přehled Wi-Fi z pohledu síťové vrstvy
- Aplikace pro monitorování Wi-Fi z hlediska lokace

Aplikace pro vytváření map pokrytí signálem dokáží zaznamenat aktuální přijímanou úroveň signálu a následně ji zakreslit do mapy nebo plánu, který uživatel nahraje jako podklad. Poté pomocí výpočetního algoritmu vykreslí mapu pokrytí signálem, který většinou lze vyexportovat v bitmapovém formátu.

Srovnání aplikací testování datové propustnosti sítě je uvedeno v příloze E, samotné vlastní měření pak v kapitole 3.4.

Aplikace pro analýzu sítí v dosahu mobilního zařízení umožňují pohled na Wi-Fi síť v dosahu zařízení zejména z hlediska frekvenčního pásma, použitého kanálu a přijímané úrovně signálu. Tyto informace zobrazují v grafech. Cílem aplikací je dát uživateli přehled o intenzitě a využití kanálů v dané oblasti, pro následné vhodné nastavení kanálu s nejmenším rušením pro svou vlastní síť Wi-Fi.

Srovnání aplikací testování datové propustnosti sítě je uvedeno v příloze F, samotné vlastní měření pak v kapitole 3.2 a 3.3.

Aplikace pro testování datové propustnosti sítě ověřují datovou propustnost sítě. Provádějí test latence, testy přenosu dat ve směru k uživateli (download) a testy přenosu dat ve směru od uživatele (upload) na vybraném serveru, který si mnohdy může uživatel ručně zvolit. Výsledkem a výstupem aplikace jsou hodnoty v Mbit/s (popřípadě v Kbit/s) a hodnoty v milisekundách u odezvy. Aplikace vycházejí většinou ze stejnojmenných webových služeb, na které jsou napojeny, a zprostředkovávají tak pouze pohodlnější uživatelské prostředí UI (user interface). Zástupcem této kategorie je například aplikace Speedtest.net (Ookla), z českých zástupců pak například DSL.cz.

Srovnání aplikací testování datové propustnosti sítě je uvedeno v příloze B, samotné testování pak v kapitole 3.5.

Aplikace pro přehled Wi-Fi z pohledu síťové vrstvy analyzují síťová zařízení (směrovače), která jsou použita pro vytváření bezdrátových sítí. Zobrazují tedy adresy internetového protokolu IP (Internet Protocol) zařízení, směrovače, výchozí brány, doménový jmenný systém DNS (Domain Name System) server, MAC adresy a podobně. Umožňují rovněž základní síťové testy (nejčastěji „traceroute“ nebo „ping“ na zvolený server).

Srovnání aplikací pro přehled Wi-Fi z pohledu síťové vrstvy je uvedeno v příloze C.

Aplikace pro monitorování Wi-Fi z hlediska lokace obsahují seznam veřejných hotspotů, jejich lokaci na mapě a přístupová hesla. Slouží pro snadné nalezení a připojení k dostupné síti Wi-Fi v místě nacházení. V zahraničí je populární aplikace Wi-Fi Map Pro (Wi-Fi Map LLC), u nás je k dispozici aplikace Wifič (EpicQuest Studios).

Srovnání aplikací pro monitorování Wi-Fi z hlediska lokace je uvedeno v příloze D.

3 Testování aplikací

3.1 Měřicí přístroje a použitý směrovač

Pro měření je využitý směrovač Tp-Link TL-WE340G. Směrovač pracoval na standardu IEEE 802.11g, s nastaveným kanálem číslo 11 (střední frekvence 2462 MHz). Pro všechna měření měl směrovač nastaveno SSID „TP-LINK_KO518VY“. O přehledu specifikací pojednává tabulka 3.1.

Tabulka 3.1: *Výběr parametrů směrovače Tp-Link TL-WE340G [15]*

Externí napájení	9 VDC/0,6 A
Standardy bezdrátové sítě	IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Anténa	Všesměrová, pevná 5 dBi
Rozměry (š*h*v)	160*102*28 mm
Frekvence	2,4 až 2,4835 GHz
Signální rychlost	11g: až 54 Mbit/s (dynamická) 11b: až 11 Mbit/s (dynamická)
Citlivost příjmu	54 Mbit/s: -68 dBm při 10 % PER 11Mbit/s: -85 dBm při 8 % PER 6 Mbit/s: -88 dBm při 10 % PER 1 Mbit/s: -90 dBm při 8 % PER
EIRP	<20 dBm (EIRP)
Zabezpečení bezdrátové sítě	64/128/152 bitové šifrování WEP/WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK

Jako druhý směrovač byl využit Asus RT-AC66U. Jeho specifikace jsou vyobrazeny v tabulce 3.2. Směrovač pracoval na standardu 802.11n a využitém kanálu 1 (střední kmitočet 2412 MHz). SSID bylo pro všechna měření nastaveno na „ASUS_BP“. Oba směrovače měly nastavený maximální povolený výstupní výkon.

Tabulka 3.2: Výběr parametrů směrovače Asus RT-AC66U [16]

Standard sítě	IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac, IEEE 802.3u, IPV4, IPV6
Datový tok	802.11a: 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbit/s 802.11b: 1,2,5,5,11 Mbit/s 802.11g: 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbit/s 802.11n: až do 450 Mbit/s 802.11ac: až do 1300 Mbit/s
Provozní frekvence	2,4GHz / 5 GHz
Šifrování	64 bitové WEP, 128 bitové WEP, WPA2-PSK, WPA-PSK, WPA-Enterprise, WPA2-Enterprise
Anténa	Odnímatelné antény 3x

Jako měřicí přístroje byly využity mobilní koncová zařízení Samsung I9000 Galaxy S a Xiaomi Redmi 1S. První jmenovaný disponuje operačním systémem Android 4.4, integrovaný Wi-Fi modul spolupracuje se standardy IEEE 802.11b/g/n v pásmech 2,4 i 5 GHz. Obrazovka má rozlišení 800x480 bodů [20]. Druhý jmenovaný vlastní Android verze 4.3, Wi-Fi modul je schopen pracovat s doplňky IEEE 802.11b/g v pásmu 2,4 GHz. Obrazovka má rozlišení 1280x720 bodů [21].



Obrázek 3.1: Použitý směrovač Asus RT-AC66U (vlevo) [16] a Tp-Link TL-WE340G (vpravo) [15]



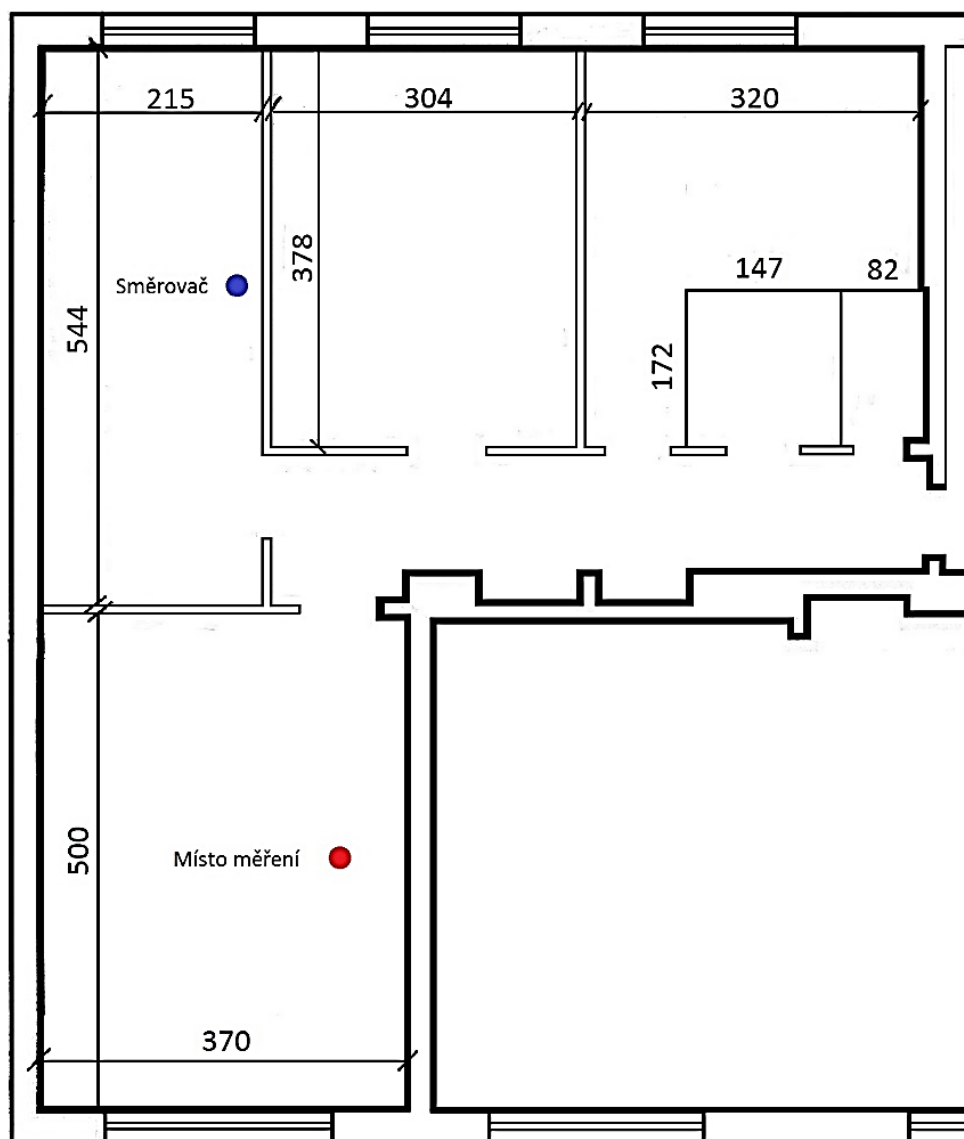
Obrázek 3.2: Mobilní koncová zařízení Xiaomi Redmi 1S (vlevo) [21] a Samsung I9000 Galaxy S (vpravo) [20]

3.2 Měření úrovně přijímaného signálu

3.2.1 Metodika měření

Bylo provedeno grafické zobrazení přijímané úrovně signálu v čase. Jelikož aplikace nepodporují nativní export dat, využila se aplikace SysLog, která dokáže na pozadí periodicky zapisovat hodnoty signálu do souboru, využívající hodnoty oddělené čárkami (středníky) CSV (Comma-Separated Values), při časové základně 1 sekunda. Tato hodnota odpovídá času, při kterém měřicí aplikace vykreslují části grafu. SysLog pracoval v režimu opakovaného zapisování přijímané úrovně signálu. V aplikaci pro analýzu byl zapsán přesný čas, kdy bylo měření započato. Měření bylo provedeno po dobu 60 sekund (nemá-li aplikace omezení), poté obrazovku došlo k zaznamenání obrazovky, pozastavení aplikace na logování, uložení jejího logu s hodnotami. Pro zaznamenání obrazovky zařízení sloužila aplikace EasyScreenshot. Potřebná data z CSV souboru byla vyfiltrována a přiložena ke grafickému zobrazení. Tento bod měření se opakoval s druhým telefonem, stejným postupem a novým logem pro zaznamenání dat. Měření bylo provedeno na jednom místě.

Veškerá měření provádím ve svém bytě. Po zapnutí všech potřebných aplikací byl telefon položen vodorovně na stůl tak, aby se s ním dále nemanipulovalo a nedošlo k ovlivňování přijímané úrovně signálu. Telefon byl natočen ke směrovači v opačném směru vykreslování obrazovky.

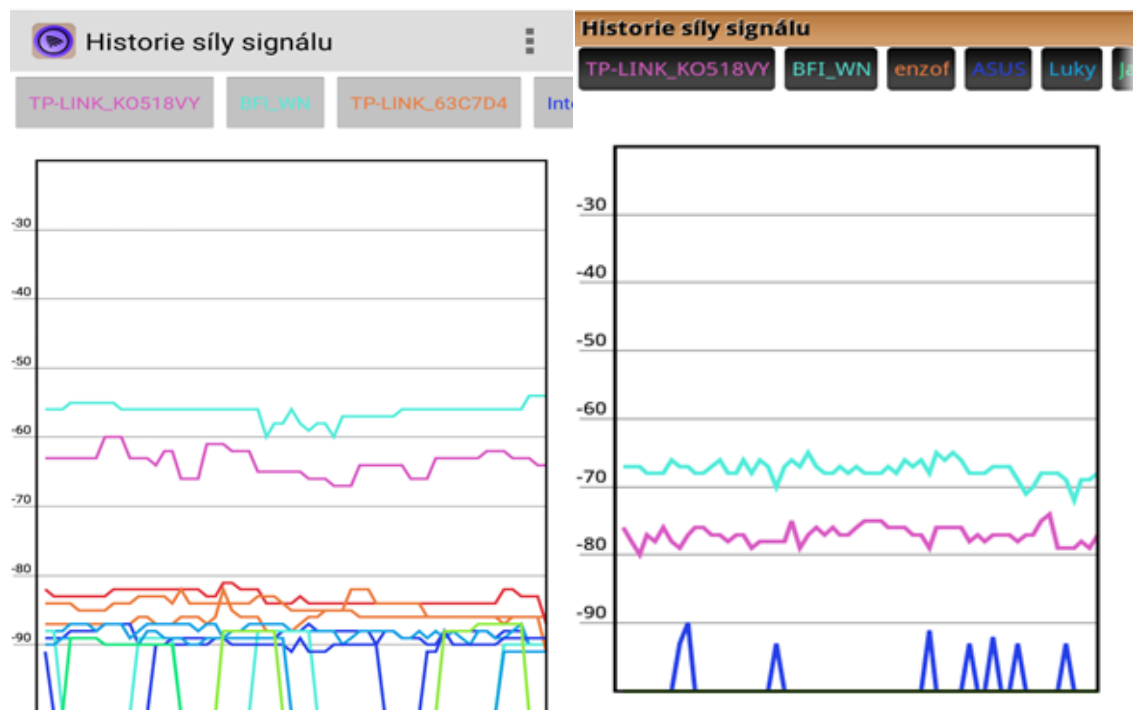


Obrázek 3.3: Plán bytu, ve kterém probíhalo měření

3.2.2 Naměřené výsledky

3.2.2.1 Wi-Fi Analyzer

Naměřené výsledky z aplikace Wi-Fi Analyzer (Webprovider) lze vidět na obrázku 3.4, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo. Grafům odpovídá tabulka hodnot 3.3.



Obrázek 3.4: Grafické znázornění přijímané úrovně signálu

Tabulka 3.3: Výběr naměřených hodnot přijímané úrovně signálu

Doba měření [s]	Hodnota RSS [dBm]	
	Xiaomi redmi 1S	Samsung Galaxy S
1	-76	-63
10	-78	-63
20	-77	-66
30	-75	-65
40	-76	-64
50	-78	-63
60	-77	-64

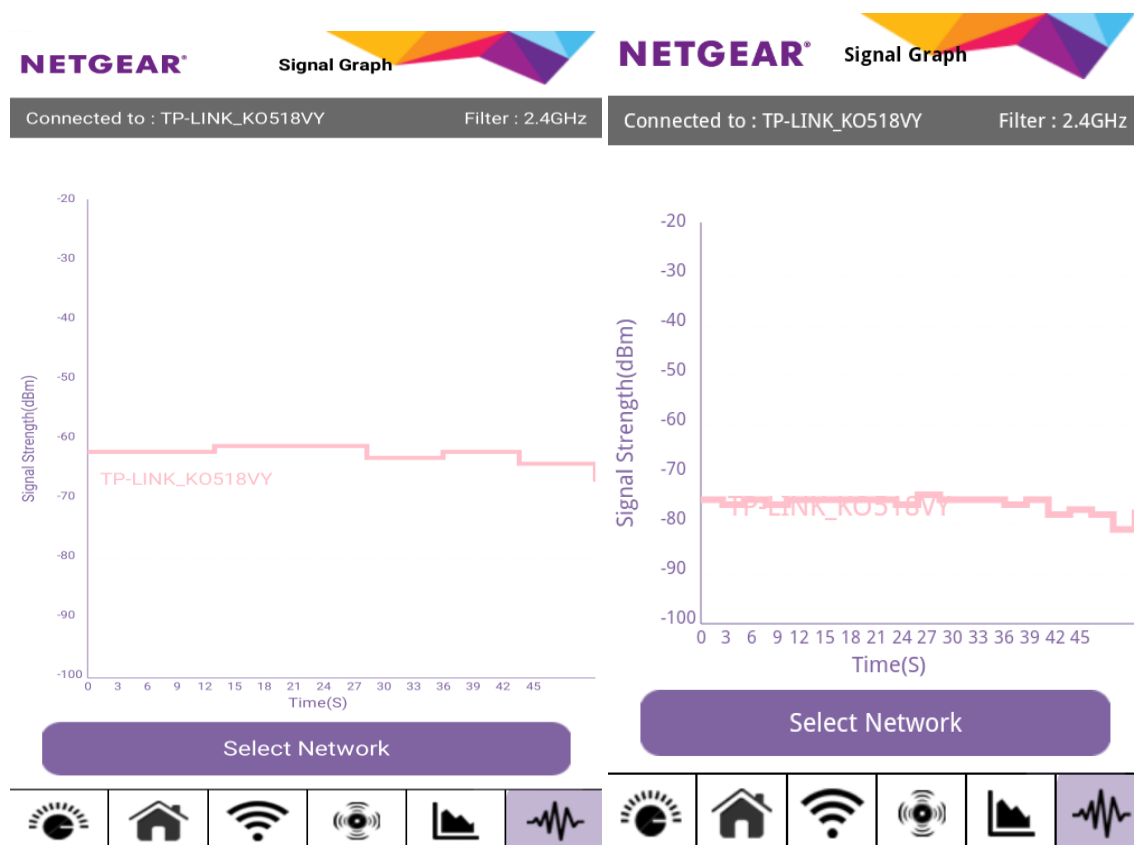
Na přístroji Xiaomi je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -63,6 dBm. Maximální úroveň je -60 dBm a minimální -67 dBm. Na zařízení Samsung je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -77 dBm. Maximální úroveň je -75 dBm a minimální -80 dBm.

Aplikace nedokáže vyfiltrovat konkrétní síť Wi-Fi. Chybí jí rovněž označení osy x, uživatel tedy neví, jaký maximální časový úsek je aplikace schopná proměřit. Při mém měření se však ukázalo, že tato hodnota je přesně 60 sekund.

Z grafu v obrázku 3.4 a tabulky 3.3 lze vidět, že průměrná hodnota přijímané úrovně signálu je na zařízení Samsung I9000 Galaxy S zhruba o 10 dBm nižší, než na zařízení Xiaomi Redmi 1S. Přístroj Samsung rovněž zobrazuje pouze zlomek sítí, oproti druhému telefonu. Lze tedy předpokládat, že citlivost vestavěného Wi-Fi modulu je nižší, než citlivost Wi-Fi modulu zařízení Xiaomi. Tento jev se shodně opakuje i pro další měření v této kapitole.

3.2.2.2 *Wi-Fi Analytics*

Naměřené výsledky z aplikace Wi-Fi Analytics (Netgear Inc.) lze vidět na obrázku 3.5, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo. Grafům odpovídá tabulka hodnot 3.4.



Obrázek 3.5: Grafické znázornění přijímané úrovně signálu

Tabulka 3.4: *Výběr naměřených hodnot přijímané úrovně signálu*

Doba měření [s]	Hodnota RSS [dBm]	
	Xiaomi redmi 1S	Samsung Galaxy S
1	-64	-76
4	-64	-76
7	-66	-76
10	-64	-76
13	-64	-79
16	-67	-77
18	-71	-79

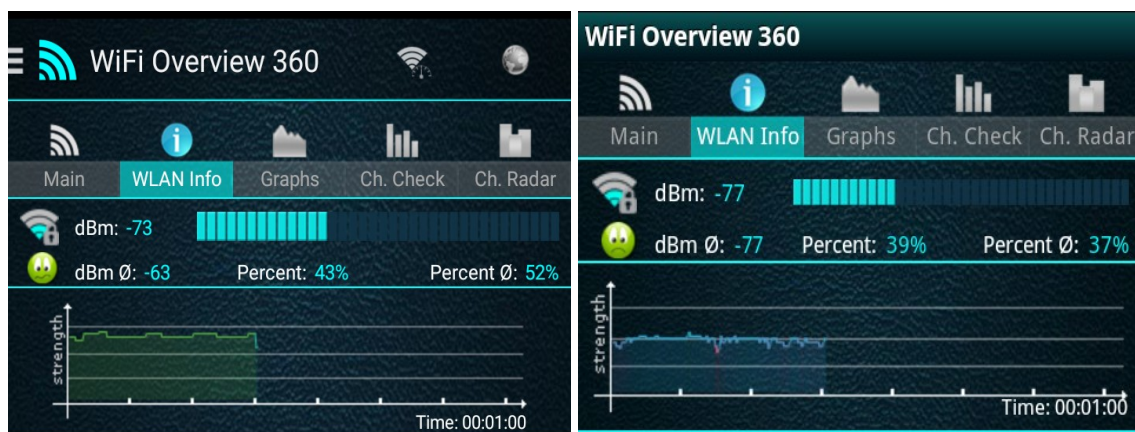
Na zařízení Xiaomi je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -65,2 dBm. Maximální úroveň je -64 dBm a minimální -71 dBm. Na zařízení Samsung je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -77 dBm. Maximální úroveň je -75 dBm a minimální -82 dBm.

Aplikace na ose X zobrazuje celkový čas měření. Maximální hodnota je zde nastavena na 45 sekund. Tato hodnota je ovšem naprosto irelevantní, jelikož k reálnému dosažení konce osy, je potřeba 18 sekund. Tento fakt platí na obou testovaných telefonech.

Netgear Wi-Fi Analytics zobrazuje časovou osu grafu, která je nastavena na 45 sekund. Tato informace je ovšem mylná, jelikož při mém měření se ukázala správná hodnota 18 sekund. Tato hodnota tedy odpovídá udávaným 45 sekundám v aplikaci, jelikož sekunda zobrazená v aplikaci je rovna 2,5 sekundy reálného času.

3.2.2.3 *WiFi Overview 360*

Naměřené výsledky z aplikace WiFi Overview 360 (Kaibits software) lze vidět na obrázku 3.6, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo. Grafům odpovídá tabulka hodnot 3.5.



Obrázek 3.6: Výřez grafického znázornění přijímané úrovně signálu

Tabulka 3.5: Výběr naměřených hodnot přijímané úrovně signálu

Doba měření [s]	Hodnota RSS [dBm]	
	Xiaomi redmi 1S	Samsung Galaxy S
1	-62	-79
10	-65	-80
20	-63	-78
30	-64	-79
40	-63	-78
50	-65	-75
60	-73	-75

Na zařízení Xiaomi je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -63,4 dBm. Maximální úroveň je -61 dBm a minimální -73 dBm. Na zařízení Samsung je průměrná hodnota naměřené přijímané úrovně signálu je -77,4 dBm. Maximální úroveň je -74 dBm a minimální -83 dBm.

WiFi Overview 360 má časovou osu nastavenou na 145 sekund. Tuto hodnotu nelze změnit. Výsledný graf je tedy zobrazený na malém prostoru a nelze v něm dobře vidět výchylinky signálu. Rovněž jí chybí očíslování osy y pro intenzitu signálu. Ta je zobrazena pouze okamžitou hodnotou. Dle naměřených hodnot lze odvodit, že horní osa odpovídá úrovni -65 dBm.

Aplikace má k dispozici na Google Play Store placenou verzi. Placená verze (označovaná jako „Wi-Fi Overview 360 Pro“), obsahuje navíc podporu více widgetů na plochu, možnost vytváření zástupců pro rychlé připojení k sítí a neobsahuje žádné reklamy.

3.3 Testování frekvenčních kanálů

3.3.1 Metodika měření

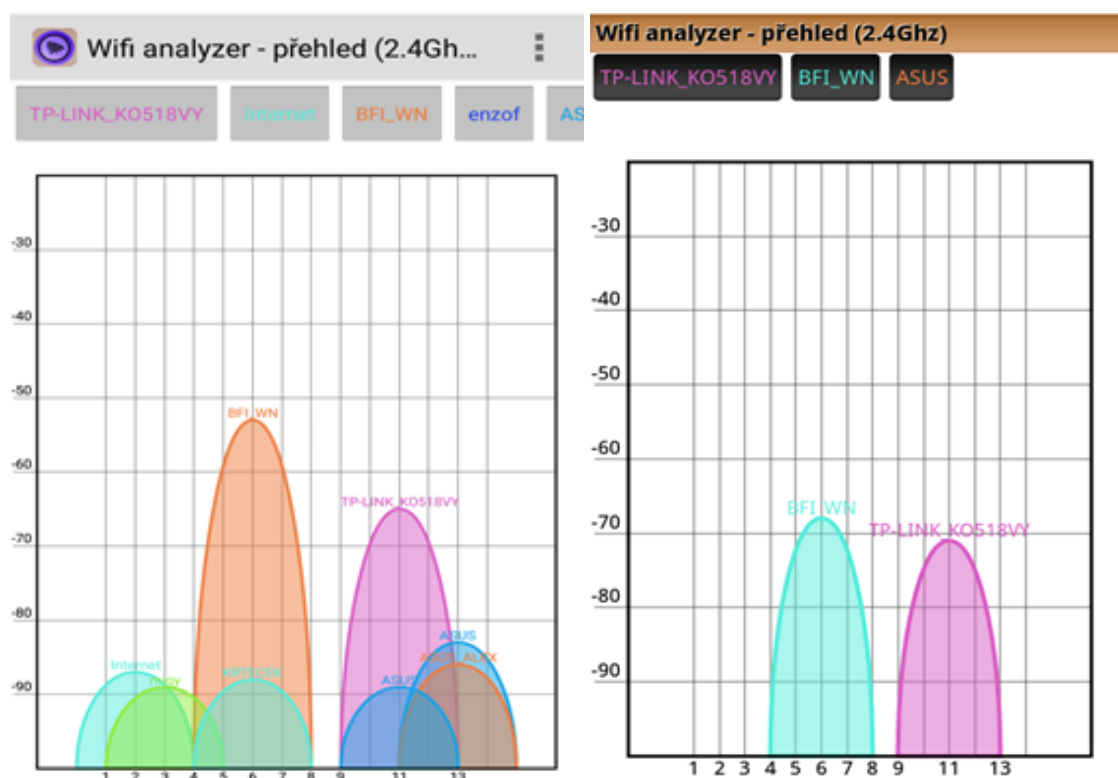
Bylo provedeno grafické zobrazení frekvenčních kanálů sítí Wi-Fi v dosahu mobilního zařízení s měřicími aplikacemi. Jelikož aplikace nepodporují nativní export dat, byla využita aplikace EasyScreenshot pro zaznamenávání obrazovky zařízení. Zaznamenával se aktuální přehled kanálů po 30 sekundách od zapnutí aplikace. Poté došlo k zaznamenání obrazovky s doporučením vhodného kanálu pro novou síť, kterou aplikace doporučila. Tento bod měření se opakoval s druhým telefonem, se stejným postupem.

Veškerá měření byla prováděna v mém bytě. Po zapnutí všech potřebných aplikací telefon byl položen vodorovně na stůl tak, aby se s ním dále nemanipulovalo a nedošlo k ovlivňování přijímané úrovně signálu. Telefon byl natočen ke směrovači v opačném směru vykreslování obrazovky. Lokace měření jsou totožné s popisem v kapitole 3.2.1.

3.3.2 Naměřené výsledky

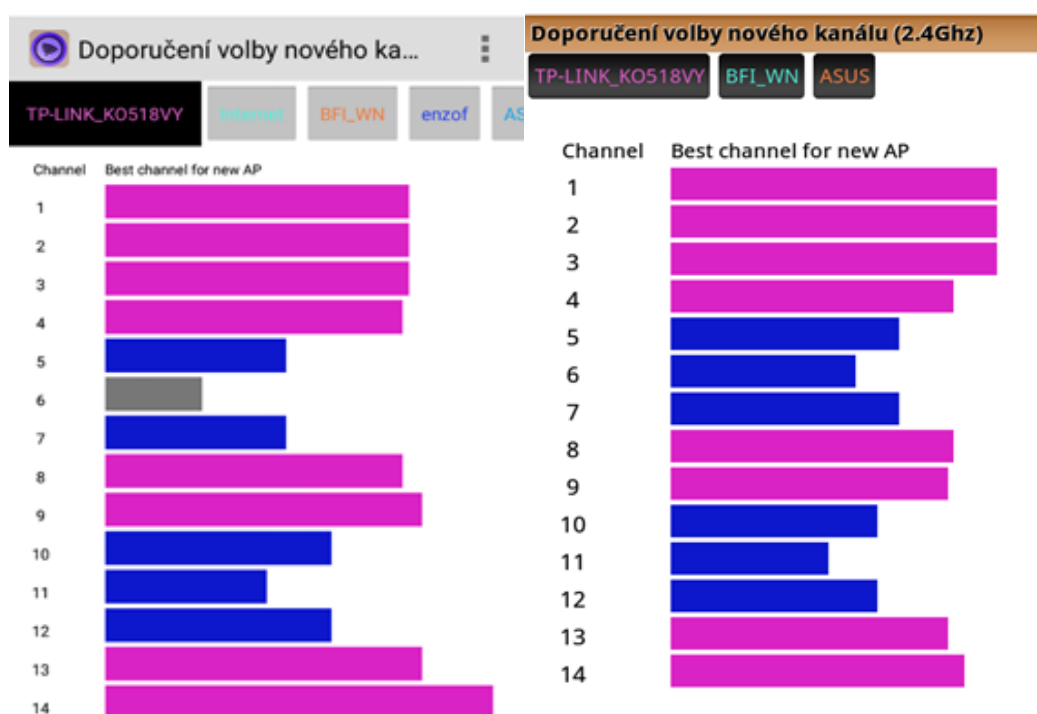
3.3.2.1 WiFi Analyzer

Naměřené výsledky z aplikace WiFi Analyzer (Webprovider) lze vidět na obrázku 3.7, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek 3.7: Grafické znázornění sítí a jejich frekvenčních kanálů

Znázornění doporučení volby nového kanálu není uvedeno v žádných jednotkách. Jde pouze o informativní poměrové vyjádření vzhledem k intenzitě signálu nalezených sítí. Lze si všimnout, že aplikace vyhodnotila nejlepší kanál jako kanál číslo 14. Tento kanál je však v Evropě zakázaný (kapitola 1.2). Již v kapitole 3.2.2.1 se prokázalo, že zařízení Samsung dokáže zobrazit pouze zlomek sítí, oproti druhému testovanému zařízení. Potvrzuje se to i pro měření uskutečněná v této kapitole. Z důvodu podpory pouze tmavého schématu barev, jsou snímky z aplikace barevně invertovány pro lepší čitelnost.

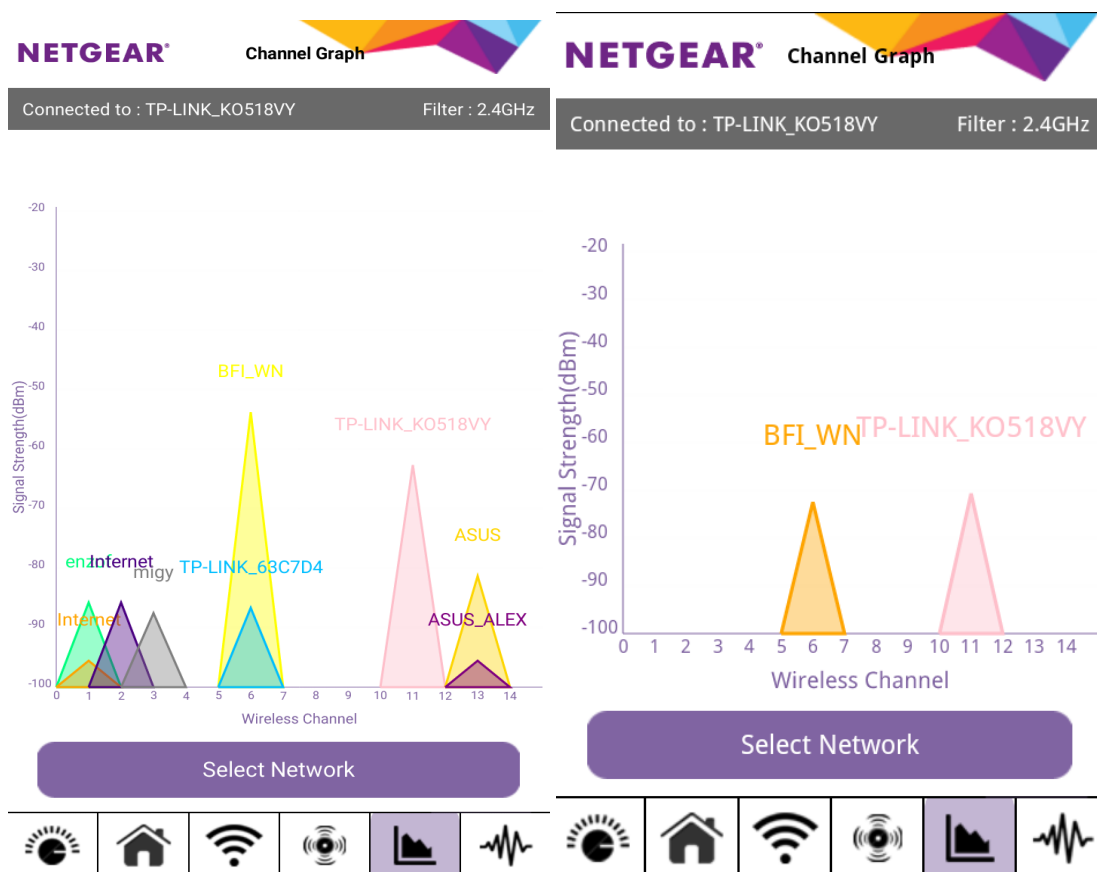


Obrázek 3.8: Grafické znázornění doporučení volby nového kanálu

Na obrázku 3.8 lze vidět doporučení volby nového kanálu pro zařízení Xiaomi (vlevo) i pro zařízení Samsung (vpravo). Jelikož Galaxy S nalézá pouze dvě dostupné sítě, odpovídá tomu i doporučení volby nového kanálu. Například na kanálech 1,2 a 3, které telefon považuje za zcela volné, je hodnota doporučení vyšší, než by reálně měla být. Je tak zřejmé, že tento faktor je pro tento typ aplikací důležitý. Je také ale třeba dodat, že u takto informativního zobrazení je poté výsledek zkreslený pouze mírně. Opět zde pro lepší čitelnost došlo k barevnému invertování snímků z aplikace.

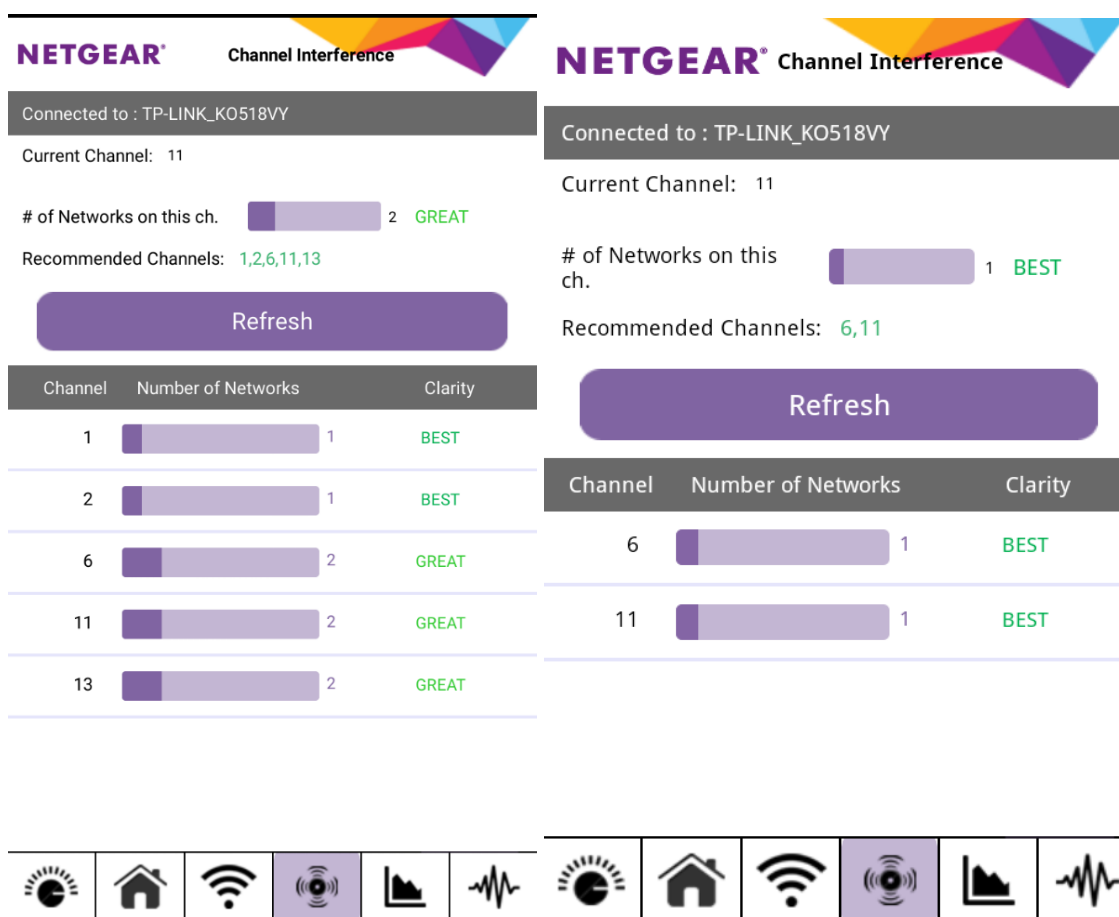
3.3.2.2 Wi-Fi Analytics

Naměřené výsledky z aplikace Wi-Fi Analytics (Netgear. Inc.) lze vidět na obrázku 3.9, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek 3.9: Grafické znázornění sítí a jejich frekvenčních kanálů

Netgear Wi-Fi Analytics zobrazuje, že šířka kanálu sítí zabírá 3 jednotlivé kanály. Je tedy otázkou, zda se jedná o nezkušenost vývojáře s problematikou Wi-Fi sítí, nebo zda aplikace nezobrazuje postranní signály kanálu s nejnižší intenzitou záměrně. Na první pohled aplikace působí profesionálnější dojmem, než předchozí testovaná aplikace. Je to zejména díky lépe zpracovanému uživatelskému grafickému rozhraní. Má také korektně popsány osy, což byl jeden z nedostatků aplikace WiFi Analyzer.



Obrázek 3.10: Grafické znázornění doporučení volby nového kanálu

Na obrázku 3.10 lze vidět doporučení volby nového kanálu pro zařízení Xiaomi (vlevo) i pro zařízení Samsung (vpravo). Jelikož Galaxy S nalézá opět pouze dvě dostupné sítě, odpovídá tomu i doporučení volby nového kanálu. Informace o dostupnosti kanálů jsou uvedeny na základě počtu sítí v dílčích kanálech. Tato informace je navíc podložena i slovním vyjádřením. Slovně je zde i uvedeno konkrétní doporučení volného kanálu. Navíc je zde i uveden aktuální používaný kanál sítě, do které je uživatel připojen. Poslední dvě jmenované možnosti opět v aplikaci Wi-Fi Analyzer chyběly. Na druhou stranu lze postřehnout, že aplikace v informacích o dostupnosti kanálů zobrazuje pouze kanály, které využívají sítě v dosahu mobilního zařízení. Opět tedy velice závisí na konkrétním mobilním zařízení.

3.3.2.3 *WiFi Overview 360*

Naměřené výsledky z aplikace WiFi Overview 360 (Kaibits software) lze vidět na obrázku 3.11, kde naměřené výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek 3.11: Grafické znázornění sítě a jejích frekvenčních kanálů

Jelikož Samsung I9000 Galaxy S má nižší rozlišení než druhé testované zařízení, tak z důvodu úspory místa aplikace nezobrazuje některé údaje, jak lze vidět na obrázku 3.11. Jedná se o číslo kanálu sítě, ke které je zařízení připojeno a MAC adresa BSSID. Dále osa X na zařízení Galaxy S končí zobrazením hodnoty „-60“, není zde ani uvedena jednotka osy. Na zařízení Redmi 1S tento problém nenastává. Na základě testování tak lze pro tuto aplikaci doporučit zařízení o vysokém rozlišení obrazovky HD (high definition), respektive 1280x720 bodů a vyšší.

Také zobrazení dostupnosti kanálů se nevejde na jednu obrazovku, což může uživateli ztížit čitelnost a vyhodnocení výsledků (obrázek 3.12). Zde se jedná opět o informativní poměrové vyjádření. Na rozdíl však od všech předchozích aplikací, zde správně chybí kanál číslo 14, který není v České Republice povolen. Aplikace však nenabízí žádné další možnosti, které by již nebyly popsány v předchozích výsledcích, pouze využívá odlišný styl grafického zobrazení.

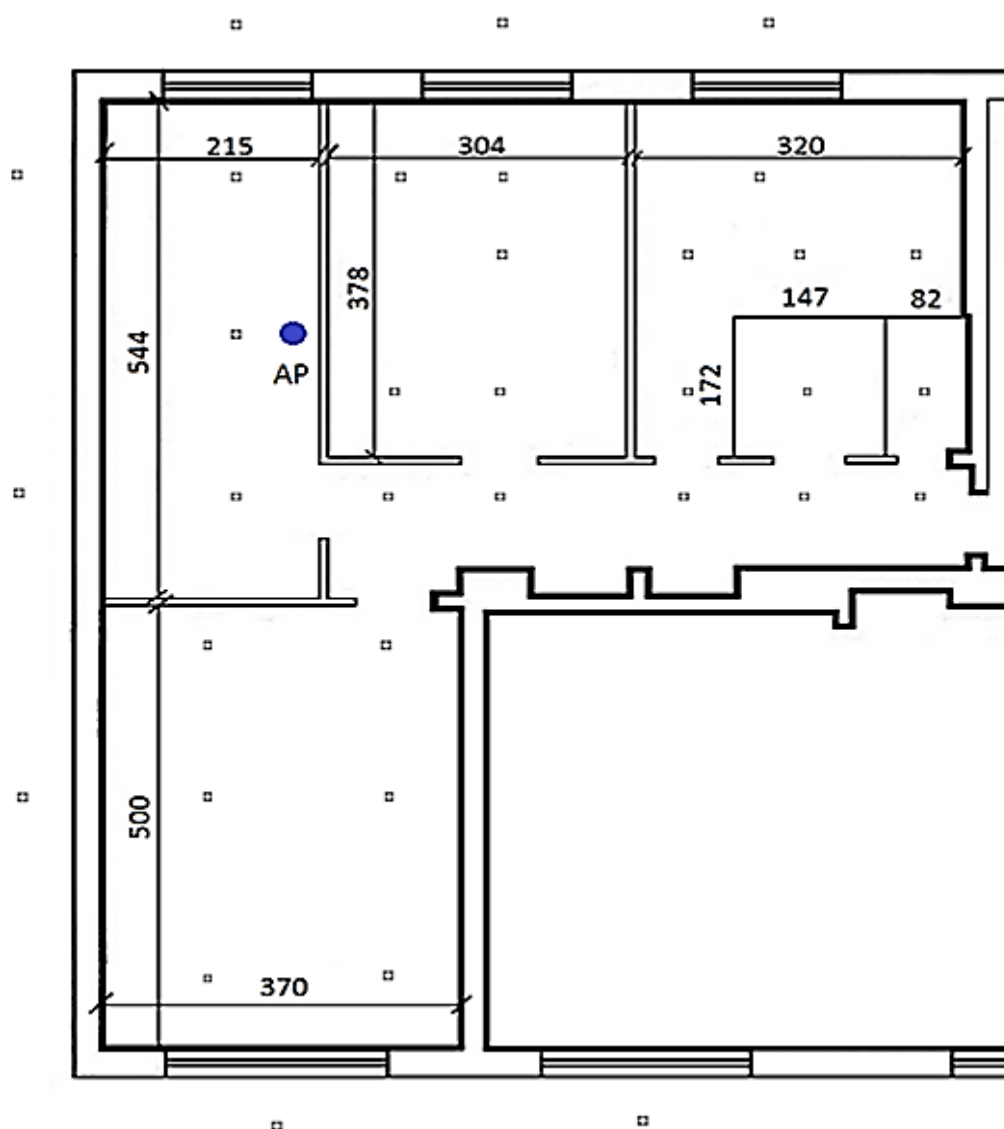


Obrázek 3.12: Grafické znázornění doporučení volby nového kanálu

3.4 Testování aplikací pro tvorbu map pokrytí signálem

3.4.1 Metodika měření

Veškerá měření byla provedena v mém bytě. Aplikace pro tvorbu map pokrytí signálem vyžadují mapový podklad, se kterým budou pracovat. Pro vlastní měření byl využit překreslený plán bytu, který vycházel z oskenovaného půdorysu bytu. Tento plán byl upraven od přebytečných údajů a dále se ořezal. Došlo k označení 25 bodů měření v bytě, u kterých se zaznamenala aktuální X a Y souřadnice v centimetrech v rámci místnosti. Tyto body byly vždy shodně dodržovány pro měření ve všech aplikacích. Poté v programu Adobe Photoshop CS6 byly tyto body pomocí nástroje měření zakresleny do plánu. Do aplikací se vždy nahrál oskenovaný podklad bez zaznačených bodů, a při samotném měření tyto body poté byly nastavovány nejpřesnější možnou metodou, kterou aplikace umožňovala. V daném bodu se zaznamenala úroveň přijímané úrovně signálu a poté byla vygenerována mapa, která se v dané aplikaci dále vyexportovala. Při každém zaznamenání hodnot jsem byl natočený směrem ke směrovači, abych neovlivňoval přijímanou úroveň signálu. Telefon byl natočen ke směrovači v opačném směru vykreslování obrazovky. Tento bod měření se opakoval s druhým telefonem, se stejným postupem, a poté i pro druhý směrovač.

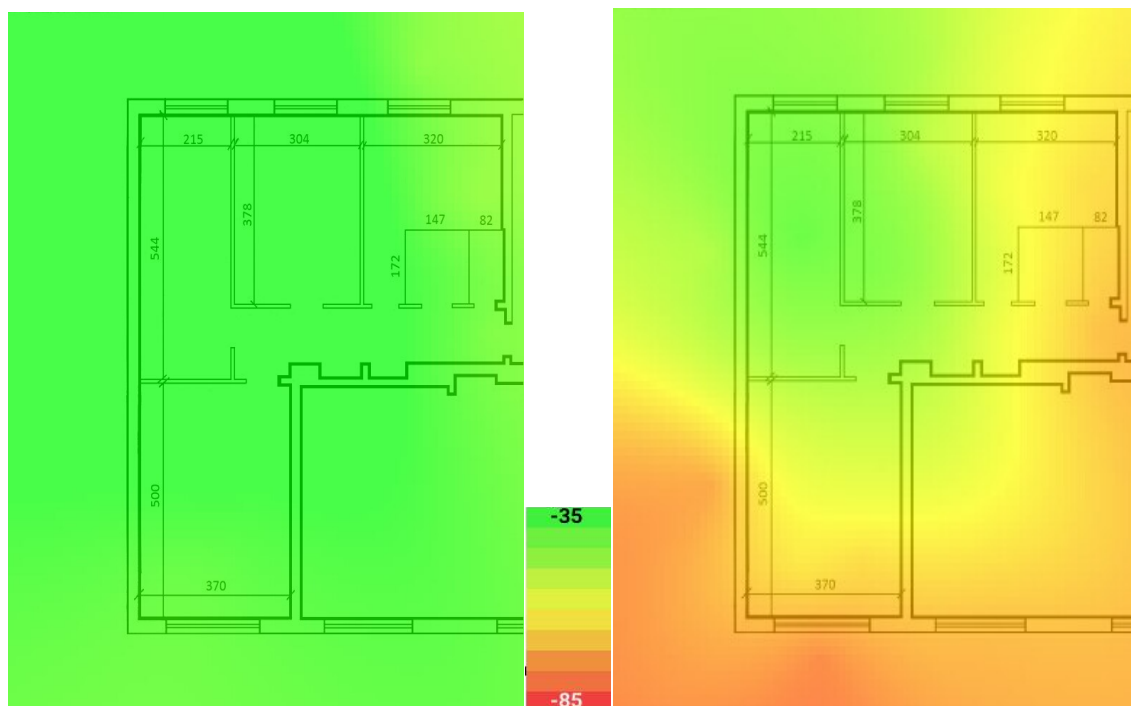


Obrázek 3.13: Podklad použitý pro měření a zaznamenané body měření

3.4.2 Naměřené výsledky

3.4.2.1 Home Wi-Fi Coverage

Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Home Wi-Fi Coverage (Breaking Best) lze vidět na obrázku 3.14, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.

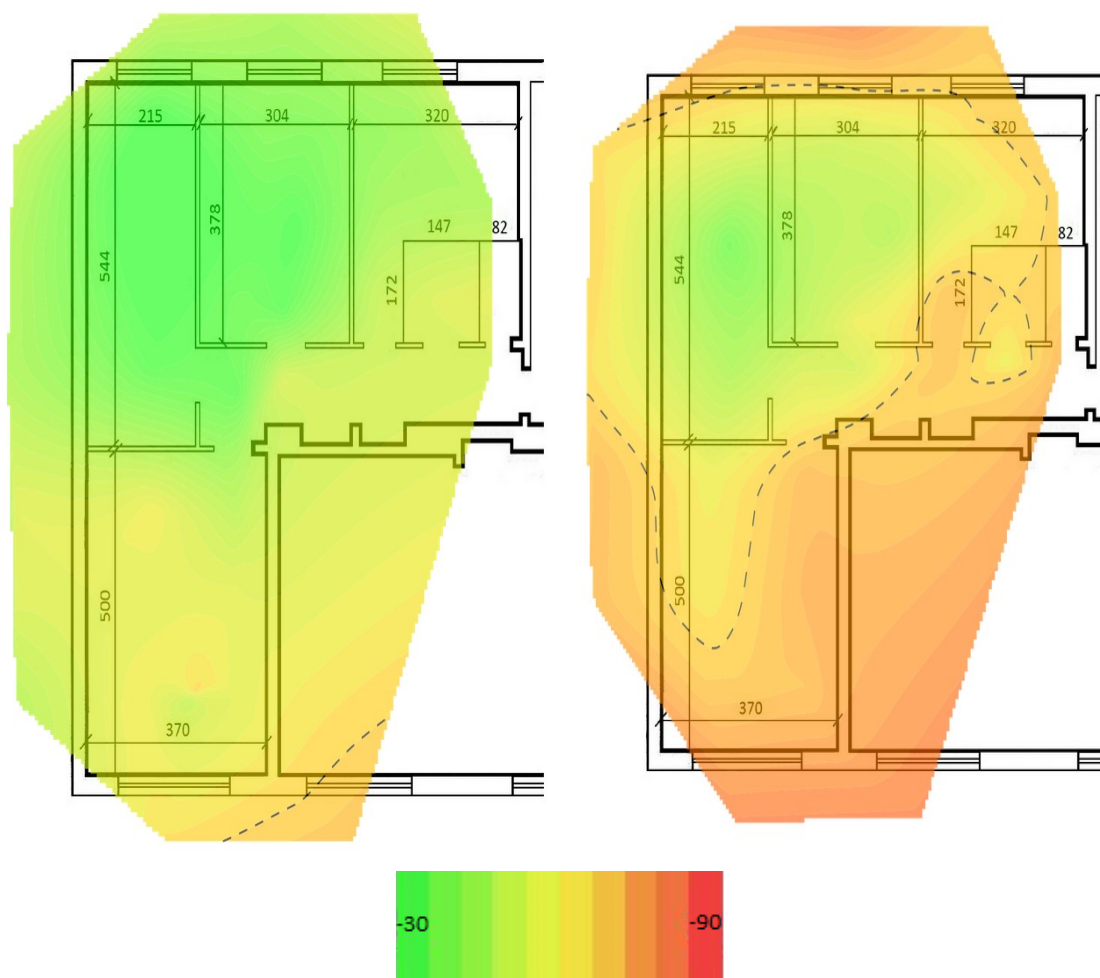


Obrázek 3.14: Výsledná mapa pokrytí signálem

Aplikace Home Wi-Fi Coverage dokáže v každém bodě měření zaznamenat hodnoty přijímané úrovně signálu ze všech nalezených směrovačů. Z výsledných map pokrytí signálem vyplývá, že mobilní telefon Xiaomi Redmi 1S má vyšší přijímanou úroveň signálu pro daný směrovač. Toto lze konstatovat pro oba testované směrovače. Aplikace také vykazuje vyšší viditelnost rastru na výstupu u zařízení Galaxy S. Na rozdíl od ostatních testovaných aplikací se totiž vždy daný podklad přizpůsobí velikosti obrazovky zařízení. Uživatel má tedy neustále zobrazenou plnou velikost podkladu, což může způsobit nižší velikost a rozlišení výsledné bitmapové mapy při exportu, než u vloženého originálu. Opět je tedy vhodné využít zařízení, které má k dispozici obrazovku o rozlišení HD či vyšší. Výsledky na obrázku 3.14 jsou uvedeny pro směrovač Tp-Link TL-WE340G, výsledky pro směrovač Asus RT-AC66U jsou uvedeny v příloze G.

3.4.2.2 Wi-Fi Coverage Mapper

Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Wi-Fi Coverage Mapper (Adam Piontek) lze vidět na obrázku 3.15, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



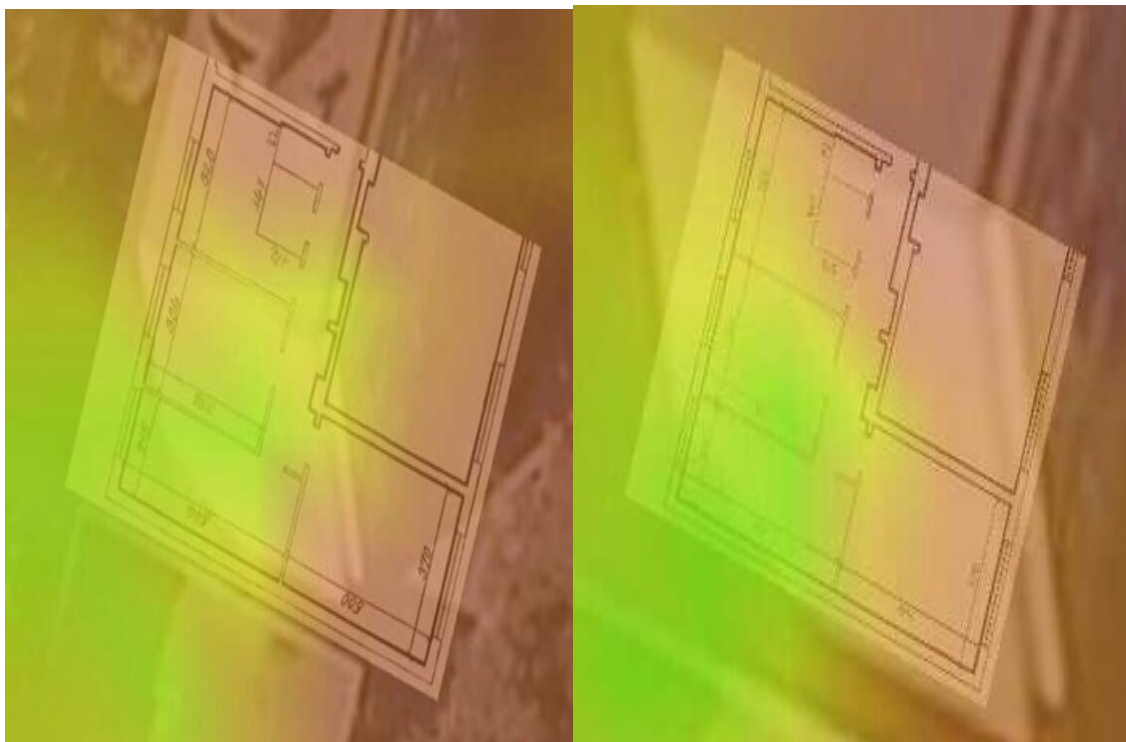
Obrázek 3.15: Výsledná mapa pokrytí signálem

Aplikace Wi-Fi Coverage Mapper generuje mapu pokrytí signálem pouze uvnitř měřených bodů. Pokud tedy uživatel požaduje kompletní predikci pokrytí budovy signálem, je nucen měřit od obvodových zdí. Takové měření však nemusí být vždy a na všech místech možné (překážky v daném místě - nábytek apod.). Další vlastností aplikace je označení hranice mezi dostatečnou a již nedostatečnou úrovní signálu. Na základě testování tato hranice odpovídá přibližně -60 dBm. Na výsledné mapě pro zařízení Samsung lze pozorovat tuto hranici okolo jednoho konkrétního naměřeného bodu v pravé části mapy. Lze to vysvětlit tím, že přijímaná úroveň signálu na zařízení není konstantní, existují zde výkyvy, které mohou způsobit rozdílnou úroveň signálu (viz měření v kapitole 3.2.2). Výsledky na obrázku 3.15 jsou uvedeny

pro směrovač Tp-Link TL-WE340G, výsledky pro směrovač Asus RT-AC66U jsou uvedeny v příloze G.

3.4.2.3 *Wi-Fi Heat*

Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Wi-Fi Heat (Slowchop Studios) lze vidět na obrázku 3.16, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek 3.16: *Výsledná mapa pokrytí signálem*

Tato aplikace kromě vlastního podkladu využívá také podklad stažený z Google Maps. Tento podklad vybírá uživatel na základě lokace z modulu globálního polohového systému GPS (Global Positioning System) ručně a slouží k propojení satelitního snímku budovy s již zmíněným uživatelským podkladem. Nevýhodou ovšem je, že aplikace jej nedovolí nezobrazit, rovněž jej nedovolí nezvolit. Tento satelitní snímek tak spíše zhoršuje výslednou viditelnost výstupu. Polohování uživatelského snímku do snímku satelitního je navíc skokové, tím pádem se nedá nikdy dosáhnout přesné shody. Aplikace pro měření a funkčnost polohovací systém dále nevyužívá.

Wi-Fi Heat také nemá žádnou legendu ohledně rozmezí barev pro přijímanou úroveň signálu. Dle provedených měření však zobrazuje signál do -60 dBm v odstínech zelené od nejsytější po nejprůhlednější. Při úrovni pod -60 dBm nezobrazí barvu žádnou a zůstává plně

viditelné pozadí podkladů. Chybí tedy zde barevné spektrum jiných barev, jako u předchozích aplikací. Placená verze této aplikace neobsahuje nadbytečné reklamy.

3.5 Testování datové propustnosti sítě

3.5.1 Metodika měření

Proběhlo testování datové propustnosti sítě. Na měřeném místě došlo vždy ke spuštění aplikace v defaultním nastavení a k zaznamenání výsledné hodnoty přenosové rychlosti směrem k uživateli (download), přenosové rychlosti směrem od uživatele (upload) a odezvy (latence). Tento krok se opakoval pětkrát, pro všechny testované aplikace. Veškerá měření jsou prováděna v mém bytě. Po zapnutí měřicí aplikace telefon pokládám na stůl tak, abych s ním dále nemanipuloval a neovlivňoval měření. Telefon je natočen směrem ke směrovači. Místo měření a umístění přístupového bodu je shodné s kapitolou 3.2.1 této práce.

3.5.2 Naměřené výsledky

3.5.2.1 Ookla Speedtest

Tabulka 3.6: Naměřené výsledky

Číslo měření	Download [Mbit/s]	Upload [Mbit/s]	Odezva [ms]
1	8,66	2,55	31
2	8,63	2,58	30
3	8,64	2,20	35
4	8,62	2,88	32
5	8,61	2,57	31

Testovací server pro aplikaci byl automaticky nastaven na Rožnov (HVfree.net), jelikož je to nejbližší nacházející se server od místa měření. Z tabulky 3.6 vyplývá, že průměrná naměřená hodnota download byla 8,63 Mbit/s. Průměrná naměřená hodnota upload pak byla 2,56 Mbit/s. U odezvy průměrná hodnota činila 31,8 milisekund. Ookla Speedtest dokáže měnit jednotky mezi Mbit/s a Kbit/s, tato možnost v aplikaci OpenSignal chybí. Další vlastností je ukládání a zobrazení přehledu všech již uskutečněných měření. Placená verze pak nabízí možnost odstranění zobrazování reklam, které se objevují ve spodní části aplikace.

3.5.2.2 OpenSignal

Tabulka 3.7: Naměřené výsledky

Číslo měření	Download [Mbit/s]	Upload [Mbit/s]	Odezva [ms]
1	3,0	2,5	70
2	2,2	1,8	76
3	3,6	2,5	59
4	3,4	2,3	65
5	2,4	2,3	54

Aplikace OpenSignal (OpenSignal.com) nepodporuje nastavení testovacího serveru, ani jej nezobrazuje. Z tabulky 3.7 vyplývá, že průměrná naměřená hodnota download byla 2,92 Mbit/s. Průměrná naměřená hodnota upload pak byla 2,28 Mbit/s. U odezvy průměrná hodnota činila 64,8 milisekund. Výhodou aplikace je vyhodnocení kvality připojení podle různých internetových služeb, které je zhotoveno graficky hvězdičkami, formou stupnice 1 (nejhorší hodnocení) až 5 (nejlepší hodnocení).



Obrázek 3.17: Ukázky výstupů z testovaných aplikací

Naměřené výsledky se tedy liší podstatně, ve prospěch aplikace Ookla Speedtest (Ookla). Důvodem může být samotné zatížení testovaného serveru, které ovšem z aplikací nelze ověřit. Lze také předpokládat větší vzdálenost od testovaného serveru v případě druhého měření, čemuž napovídá dvojnásobná hodnota odezvy (latence).

4 Srovnání aplikací pro monitorování sítí Wi-Fi

4.1 Aplikace pro vytváření map pokrytí signálem

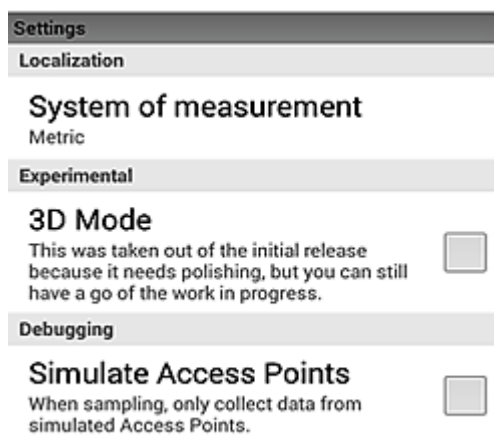
4.1.1 Uživatelská rozhraní a možnosti nastavení

Vzhled a přizpůsobení uživatelského rozhraní GUI (graphic user interface) závisí na poloze zařízení (vertikální nebo horizontální), kterou vyhodnotí polohový senzor v zařízení nazývaný akcelerometr. Aplikace se poté tedy zobrazuje "na šířku" nebo "na výšku" obrazovky mobilního telefonu. Důležitým faktorem je i samotná velikost obrazovky a její rozlišení, na kterou aplikace se musí přizpůsobit.

Nejjednodušší design má aplikace *Home Wi-Fi Coverage*. Po založení projektu a vložení podkladu nejsou po uživateli vyžadována žádná další nastavení. Rovněž ovšem ale žádná další nastavení aplikace neobsahuje. Nelze zde tedy hovořit o jakékoliv přizpůsobitelnosti. Výhodou je, že jako jediná z testovaných aplikací dokáže měřit v režimu "na výšku" mobilního zařízení. Pro tento typ měřících aplikací je to však nepraktické a nevhodné.

Aplikace *Wi-Fi Coverage Mapper* dokáže nastavit proporcionální rozměr podkladu a dokáže v něm zobrazit X a Y souřadnici. Tato možnost je zcela volitelná, zvyšuje však přesnost výstupu. Uživatel si zde může rovněž zvolit barevné spektrum vykreslované mapy, nastavení rozsahu dílčích intenzit přijímané úrovně signálu, jejich přiřazené barvy ovšem chybí. Značnou nevýhodou je i nemožnost plynulého přibližování a oddalování podkladu. Jsou zde pouze skokové možnosti přiblížit mapu 1x (původní rozměr), 0,5x (zmenšení o polovinu) a 0,25x (zmenšení na čtvrtinu původní velikosti).

Wi-Fi Heat využívá kromě uživatelského podkladu také satelitní snímek dané oblasti, který získává z Google Maps. Jak již bylo uvedeno v kapitole 3.4.2.3 tento úkon je povinný a nelze jej přeskočit. Pokud tedy na mobilním zařízení nemáme přístup k internetu, je tato aplikace zcela nepoužitelná. Výhodou této aplikace je volba měřící soustavy (metrická nebo angloamerická). Aplikace navíc obsahuje experimentální měření v 3D modu. Žádné změny jsem však ani na jednom z testovaných telefonů nepozoroval. Je tedy zřejmé, že tato funkce zatím správně nefunguje, nebo funguje pouze na úzkém spektru mobilních zařízení.



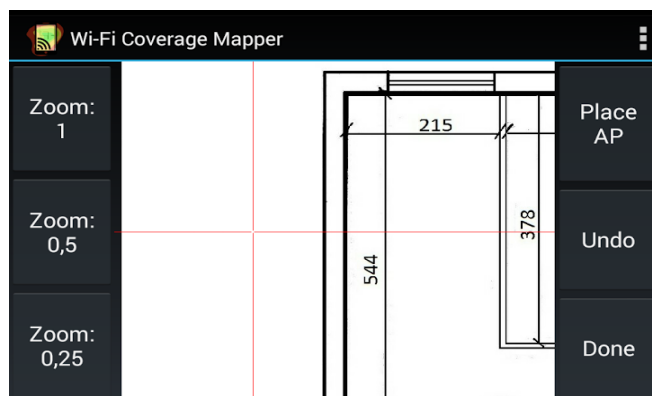
Obrázek 4.1: Možnosti nastavení aplikace Wi-Fi Heat

4.1.2 Zpracování lokace telefonu a vstupních hodnot

Home Wi-Fi Coverage zaznamenává danou pozici označením ze strany uživatele. Toto se děje pouhým prstem, kdy uživatel si vhodně plán přiblíží a pozici zaznačí. Tento způsob není ideální. I při vhodně předpřipraveném měřicím podkladu, je zaznamenání přesného místa zcela nemožné. Vždy zde bude menší či větší odchylka. Co se týče rozsahu měření, aplikace v každém bodě zaznamenává všechny dostupné sítě. Tato vlastnost tedy značně usnadňuje měření, pokud uživatel chce získat přehled o intenzitě všech sítí, které se nachází v jeho měřené lokalitě. Pro nenáročného uživatele je tato aplikace proto nejvhodnější.

Aplikace *Wi-Fi Coverage Mapper* využívá pro zaznamenání hodnot kříž, který uživatel ručně posune. Druhou možností je přesné nastavení konkrétních souřadnic v rámci podkladu. Tento způsob nabízí vyšší přesnost zadávání pozice hodnot, než u konkurenčního *Home Wi-Fi Coverage*. Uživatel je ovšem nucen tyto souřadnice předem znát a je zde tedy kladen důraz na přípravu podkladu, použitého pro měření.

Wi-Fi Heat zpracovává vstupní souřadnice obdobným způsobem, jako aplikace *Wi-Fi Coverage Mapper*.

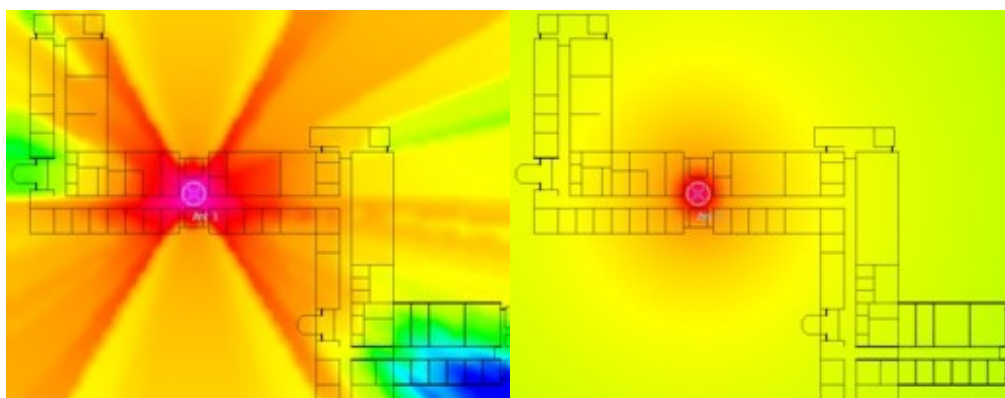


Obrázek 4.2: Uživatelské rozhraní aplikace Wi-Fi Coverage Mapper

4.1.3 Výsledná mapa intenzity signálu a možnosti exportu

Veškeré testované aplikace dokáží exportovat výstup v bitmapovém formátu. Aplikace *Wi-Fi Coverage Mapper* však také zvládá výstup dat ve formátu hypertextového značkovacího jazyku HTML (Hypertext Markup Language). Tento výstup je tedy vhodný pro další úpravy nebo jej lze použít přímo pro prezentaci na webu.

Ani jedna z testovaných aplikací nevyužívá složitější výpočetní algoritmy typu multiwall. Tento typ algoritmu počítá s útlumem samotných stěn a je často využit u aplikací v desktopovém segmentu (například aplikace WinProp). U všech aplikací popsaných v této práci je využit výpočetně jednodušší algoritmus typu one-slope. Přehled těchto dvou algoritmů znázorňuje obrázek 4.3.



Obrázek 4.3: Algoritmus one-slope (vlevo) a multiwall (vpravo) v aplikaci WinProp [17]

4.2 Aplikace pro analýzu sítí v dosahu mobilního zařízení

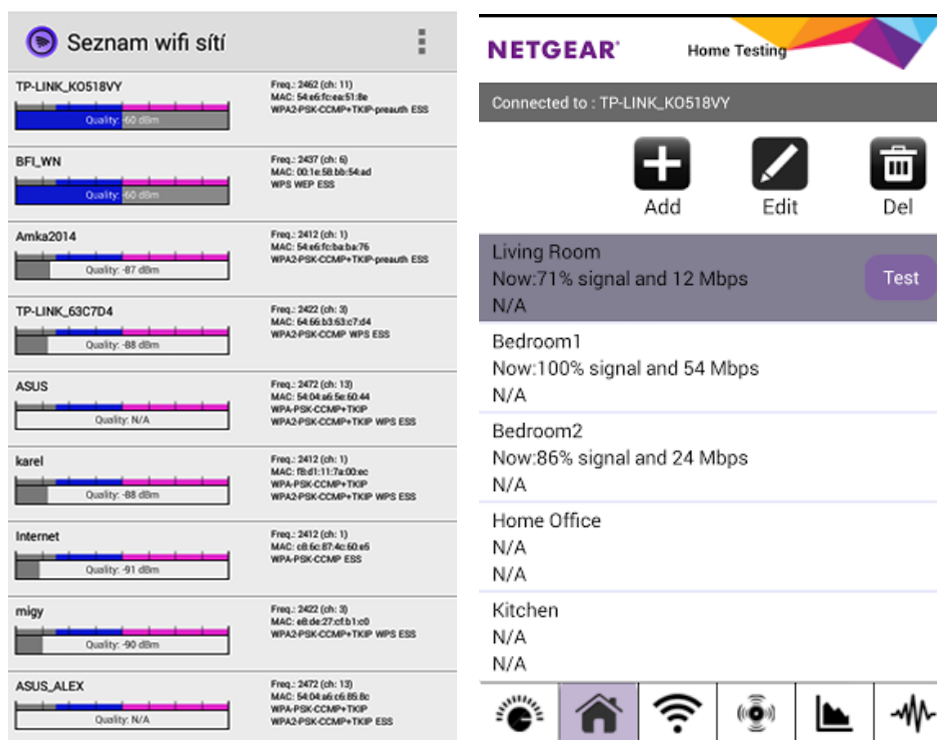
4.2.1 Uživatelská rozhraní a možnosti nastavení

Aplikace *Wi-Fi Analyzer* nabízí velice jednoduché grafické rozhraní, které je snadno čitelné. Nenabízí ovšem jiné barevné schéma než schéma s tmavým pozadím. Pro účely této práce tak bylo z důvodu lepší čitelnosti nutné snímky obrazovky z této aplikace dodatečně invertovat v grafickém editoru. Zbylé aplikace mají na výběr světlé i tmavé barevné schéma uživatelského rozhraní. Obsahuje také funkci výpisu seznamu sítí. Tato funkce je vhodná pro rychlý textový přehled všech sítí v měřené lokalitě.

WiFi 360 Overview je z hlediska GUI uzpůsobeno pro zařízení s větší úhlopříčkou obrazovky. Testovaný telefon Xiaomi Redmi 1S s úhlopříčkou 4,7" nedokáže efektivně zobrazit veškeré hodnoty, které aplikace nabízí. Uživatel je nucen obrazovku posunovat. Zobrazené hodnoty a grafy jsou pak nepřiměřeně malé. Při dosažení nedostatečné velikosti úhlopříčky obrazovky zařízení, přestane aplikace zcela zobrazovat vybrané hodnoty. Toto se prokázalo při měření na mobilním telefonu Samsung Galaxy S.

Wi-Fi Analytics z hlediska rozložení prvků a uživatelské orientace vykazuje nejlepší výsledky. Ze všech testovaných aplikací tak působí nejprofesionálnějším dojmem. Je proto velice

neočekávané, že aplikace nemá správně nastavenou časovou základnu a nezobrazuje korektně šířky kanálů, jak lze vidět v kapitole 3.3.2.2. Výhodou této aplikace je funkce zaznamenání procentuální úrovně přijímaného signálu v rámci místností definovaných uživatelem.



Obrázek 4.4: Seznam sítí v aplikaci Wi-Fi Analyzer (vlevo) a Wi-Fi Analytics (vpravo)

4.2.2 Interpretace dostupnosti volných kanálů

Pro testované měřicí aplikace shodně platí, že interpretaci dostupnosti volných kanálů zobrazují pouze poměrově a zjednodušeně. Nelze tedy s absolutní přesností tvrdit, která aplikace zobrazuje a doporučuje volný kanál nejvhodněji. Uživatel se však zde může potkat s kanály, které nejsou v jeho zemi dostupné. Neznalý uživatel tak na základě aplikace může zvolit zakázaný kanál, a tím se dopustit přestupku. V naší zemi tyto přestupky řeší ČTÚ (kapitola 1.1). Důležitým faktem tedy zůstává, že u tohoto typu aplikací je potřeba zkušenějšího uživatele, jelikož i samotné zobrazení kanálů může být obtížně čitelné pro neznalé uživatele. Samotný grafický návrh lze rovněž hodnotit pouze velice subjektivně.

Závěr

Pro chytrá mobilní zařízení existuje v současné době široké spektrum koncových mobilních aplikací. Pro specifické využití je nabídka omezenější, ovšem uživatel není nucen využívat placených aplikací, jelikož i samotná nabídka neplacených aplikací je na dostatečné úrovni. Aplikací pro testování mobilních sítí nevyjímaje. Avšak nalezení kvalitních, určením specifických aplikací, je stále pro uživatele náročný úkon. Uživatelská hodnocení a počet stažení aplikace, nemusí odpovídat její výsledné kvalitě. Společným a velice důležitým faktorem pro aplikace, které se zaměřují na síť Wi-Fi, je do jisté míry základní technická znalost a technická orientace uživatele.

Aplikace pro vytváření map pokrytí signálem využívají přenosnost a mobilitu chytrých telefonů. Oproti softwaru dostupnému na stolních počítačích však testované mobilní aplikace nedokáží zhotovit mapu pokrytí signálem pomocí náročnějších výpočetních algoritmů. Dalším technickým nedostatkem je způsob zadávání vstupních souřadnic. Dotyková obrazovka není ideální nástroj pro přesné zapsání místa měření. Nabízí se zde využití obsažených interních modulů, jako například modul GPS, ovšem lokalizace v budovách je velice obtížná a žádná z testovaných aplikací jej nevyužila.

Aplikace pro analýzu sítí Wi-Fi v dosahu mobilního koncového zařízení představují ideální nástroj pro rychlý přehled bezdrátových sítí v okolí. U těchto aplikací se nejvíce projevuje další nesporná výhoda samotných chytrých mobilních telefonů. Nároky na samotnou instalaci a konfiguraci jsou například vzhledem ke stolním počítačům velice výrazně redukovány. Zpracováním jsou si jednotlivé aplikace velice podobné a dílčí rozdíly jsou velice minimální. Přesnost a kvalita výstupu zde velice závisí na konkrétním použitém koncovém mobilním zařízení.

Testování datové propustnosti sítě je z hlediska uživatelské náročnosti nejvíce přístupné. Aplikace zde mají velice zjednodušená uživatelská rozhraní a samotné výstupy jsou snadno čitelné. Přesnost samotných výsledků však vzhledem k vytížení testovaného serveru a citlivosti modulů Wi-Fi u mobilních zařízení, není nejvyšší. K základní orientaci v datové propustnosti zvolené sítě však postačují. Funkcemi se tyto aplikace navzájem výrazně neliší, je zde ovšem vysoká nabídka česky lokalizovaných aplikací této kategorie.

Aplikace pro testování parametrů sítí Wi-Fi nedokáží nahradit software postavený například na platformě Windows 7/8. Důvodem jsou značná omezení dotykové obrazovky, samotné její velikosti a omezení vyplývající z povahy mobilního zařízení nebo operačního systému (kapitola 1.4). Uživatelé vyžadující okamžitou funkčnost, nízkou náročnost na konfiguraci a vysokou mobilitu při měření, však mohou využít řadu placených či neplacených měřících aplikací, které tento software dokáží měřeními výsledky doplnit a dokáží mu vhodně sekundovat.

Použité zdroje

- [1] Perahia E., Stacey R. Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac, Cambridge University Press, 2013, 416 s., ISBN-978-1-107-01676-7
- [2] <http://blog.appfigures.com/app-stores-growth-accelerates-in-2014/>
- [3] http://www.webtorials.com/main/resource/papers/juniper/paper16/11n_Coverage_vs_Capacity.pdf
- [4] http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/data_sheet_c78-686782.html
- [5] http://www.wildpackets.com/elements/whitepapers/Converting_Signal_Strength.pdf
- [6] <https://www.qualcomm.com/invention/research/projects/wi-fi-evolution/80211ah>
- [7] <http://www.mobilmania.cz/katalog-mobilu/sc-63-c-1/default.aspx?advsrch=1§ion=63&catalog=1>
- [8] <http://www.earchiv.cz/b07/b0500001.php3>
- [9] Earle E. Aaron, Wireless Security Handbook, Auerbach Publications, 2005, 325 s., ISBN-978-0849333781
- [10] <http://www.tomsguide.com/us/wi,review-149-2.html>
- [11] <http://arxiv.org/pdf/1212.1896.pdf>
- [12] <http://www.flukenetworks.com/enterprise-network/network-testing/AirCheck-Wi-Fi-Tester>
- [13] <https://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- [14] <http://www.statista.com/statistics/271774/share-of-android-platforms-on-mobile-devices-with-android-os/>
- [15] <http://cz.tp-link.com/products/details/?model=TL-WR340G#spec>
- [16] <http://www.asus.com/cz/Networking/RTAC66U/specifications/>
- [17] <http://awe-communications.com/Propagation/Indoor/Empirical/index.htm>
- [18] <https://www.android.com/>
- [19] <https://play.google.com/store>
- [20] http://www.gsmarena.com/samsung_i9000_galaxy_s-3115.php
- [21] <http://www.mi.com/en/redmi1s/>

Seznam příloh

Příloha A:	Podmínky k provozování zařízení v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz.....	- 43 -
Příloha B:	Srovnání aplikací pro testování datové propustnosti sítě	- 47 -
Příloha C:	Srovnání aplikací pro přehled Wi-Fi z hlediska síťové vrstvy	- 48 -
Příloha D:	Srovnání aplikací pro přehled Wi-Fi z hlediska lokace.....	- 49 -
Příloha E:	Srovnání aplikací pro vytváření map pokrytí signálem.....	- 50 -
Příloha F:	Srovnání aplikací pro analýzu sítí v dosahu mobilního zařízení	- 51 -
Příloha G:	Naměřené výsledky na směrovači Asus RT-AC66U	- 52 -



Č e s k ý t e l e k o m u n i k a č n í ú ř a d

se sídlem Sokolovská 219, Praha 9
poštovní příhrádka 02, 225 02 Praha 025

Praha 29. září 2010
Čj. 98 973/2010-613

Český telekomunikační úřad (dále jen „Úřad“) jako příslušný orgán státní správy podle § 108 odst. 1 písm. b) zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“), a zákona č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů, na základě výsledků veřejné konzultace uskutečněné podle § 130 zákona, rozhodnutí Rady Úřadu podle § 107 odst. 8 písm. b) bod 2 a k provedení § 9 a 12 zákona vydává opatřením obecné povahy

všeobecné oprávnění č. VO-R/12/09.2010-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz.

Článek 1 Úvodní ustanovení

Podmínky provozování přístrojů^{1), 2)} vztahující se na využívání rádiových kmitočtů a provozování vysílacích rádiových zařízení pro širokopásmový přenos dat³⁾ (dále jen „stanice“) fyzickými nebo právníky osobami stanoví zákon a toto všeobecné oprávnění podle § 10 odst. 1 zákona.⁴⁾

Článek 2 Konkrétní podmínky

Konkrétní podmínky týkající se § 10 odst. 1 písm. n) zákona jsou:

- a) stanici lze provozovat bez individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů;

¹⁾ § 73 až 75 zákona.

²⁾ ČSN EN 300 328 – Elektromagnetická kompatibilita a rádiové spektrum (ERM) – Širokopásmové přenosové systémy – Zařízení pro přenos dat pracující v pásmu ISM 2,4 GHz a používající techniky modulace s rozprostřeným spektrem.

ČSN EN 301 893 – Širokopásmové rádiové přístupové sítě (BRAN) – Vysokovýkonná RLAN 5 GHz – Harmonizovaná EN pokrývající základní požadavky článku 3.2 Směrnice R&TTE.

ČSN EN 302 567 – Širokopásmové rádiové přístupové sítě (BRAN) – Systémy WAS/RLAN pracující při přenosových rychlostech násobku gigabitů v pásmu 60 GHz.

³⁾ OFDM – ortogonální modulace s vícenásobným frekvenčním dělením (Orthogonal Frequency Division Multiplex).

⁴⁾ Toto všeobecné oprávnění vychází z doporučení Evropského radiokomunikačního výboru (dále jen „ERC“) Evropské konference poštovních a telekomunikačních správ (dále jen „CEPT“) č. CEPT/ERC/REC 70-03 – Užívání zařízení s krátkým dosahem, verze z 1. června 2010 [Relating to the use of Short Range Devices (SRD)] a z rozhodnutí Evropské komise č. 2010/368/EU ze dne 30. června 2010, kterým se mění rozhodnutí 2006/771/ES o harmonizaci rádiového spektra pro zařízení krátkého dosahu.

b) technické parametry stanic jsou:

Ozn.	Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon	Maximální spektrální hustota e.i.r.p.	Další podmínky
a	2400,0–2483,5 MHz	100 mW e.i.r.p. ²⁾	10 mW/1 MHz	systémy s technikou DSSS ⁵⁾ nebo OFDM ³⁾
			100 mW/100 kHz	systémy s technikou FHSS ⁶⁾
b	5150–5250 MHz	200 mW střední e.i.r.p. ^{2), 7)}	10 mW/MHz (střední spektrální hustota v libovolném úseku širokém 1 MHz)	pouze pro použití uvnitř budovy ⁸⁾
c	5250–5350 MHz	200 mW střední e.i.r.p. ^{2), 7)}	10 mW/MHz (střední spektrální hustota v libovolném úseku širokém 1 MHz)	pouze pro použití uvnitř budovy ⁸⁾
d	5470–5725 MHz	1 W střední e.i.r.p. ^{2), 7)}	50 mW/MHz (střední spektrální hustota v libovolném úseku širokém 1 MHz)	—
e	17,1–17,3 GHz	100 mW střední e.i.r.p. ⁷⁾	—	—
f	57–66 GHz	40 dBm střední e.i.r.p. ⁷⁾	13 dBm/MHz (střední spektrální hustota)	Stále venkovní instalace jsou vyloučeny

- c) stanice musí dodržet maximální vyzářený výkon e.i.r.p. a maximální střední spektrální hustotu při libovolné kombinaci výstupního výkonu vysílače a použité antény;
- d) stanice nesmějí být provozovány s přídatnými zesilovači vysokofrekvenčního výkonu a s převaděči;
- e) stanice v pásmech c a d musí být vybaveny automatickou regulací výkonu, která průměrně poskytuje činitel potlačení rušení alespoň 3 dB oproti maximálnímu povolenému výstupnímu výkonu uvedených systémů. Není-li automatická regulace výkonu použita, snižuje se maximální povolený střední e.i.r.p. a odpovídající mez střední hustoty e.i.r.p. pro pásma c a d o 3 dB;
- f) v pásmech c, d a f musí být použity techniky přístupu ke spektru a zmírnění rušení, které poskytují přinejmenším rovnocenný účinek jako techniky popsané v harmonizovaných normách⁹⁾. Technologie potlačení rušení v pásmech c a d musí vyrovnávat pravděpodobnost výběru konkrétního kanálu ze všech dostupných kanálů, aby se v průměru zajistilo rovnoměrné rozprostření zátěže spektra a aby byl zajištěn provoz slučitelný se systémy rádiového určování;
- g) stanice jsou provozovány na sdílených kmitočtech;
- h) provoz stanice nemá zajištěnu ochranu proti rušení způsobenému vysílacími rádiovými stanicemi jiné radiokomunikační služby provozovanými na základě individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů nebo jinými stanicemi pro širokopásmový

⁵⁾ DSSS – Systém rozprostřeného spektra s přímou sekvencí (Direct Sequence Spread Spectrum).

⁶⁾ FHSS – Systém rozprostřeného spektra s přeskokem kmitočtu (Frequency Hopping Spread Spectrum).

⁷⁾ Střední ekvivalentní izotropicky vyzářený výkon (e.i.r.p.) je výkon po dobu vysílání, který odpovídá nejvyššímu výkonu, pokud je použita regulace výkonu.

⁸⁾ „Použitím uvnitř budovy“ se rozumí jak použití uvnitř budovy, tak na místech podobných, například v letadle, kde stínění zpravidla poskytne potřebný útlum umožňující sdílení s jinými službami.

⁹⁾ Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů; Nařízení vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na rádiová a na telekomunikační koncová zařízení, ve znění pozdějších předpisů.

přenos dat. Případné rušení řeší fyzické a právnické osoby vzájemnou dohodou. Nedohodnou-li se, postupuje se podle § 100 zákona, případně zastaví provoz ten uživatel, který uvedl do provozu stanici způsobující rušení později;

i) stanice nesmí být elektricky ani mechanicky měněna.

Článek 3 Závěrečné ustanovení

Za stanici, která splňuje požadavky dané nařízením vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na rádiová a na telekomunikační koncová zařízení, ve znění pozdějších předpisů, se považuje rovněž stanice, u které Úřad rozhodl o schválení rádiového zařízení podle § 10 zákona č. 151/2000 Sb., o telekomunikacích a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pokud tato stanice byla uvedena na trh před dnem 1. dubna 2003.

Článek 4 Zrušovací ustanovení

Zrušuje se všeobecné oprávnění č. VO-R/12/06.2010-9 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat na principu rozprostřeného spektra nebo OFDM v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz ze dne 2. června 2010, zveřejněné v částce 11/2010 Telekomunikačního věstníku.

Článek 5 Účinnost

Toto všeobecné oprávnění nabývá účinnosti patnáctým dnem ode dne uveřejnění v Telekomunikačním věstníku.

Odůvodnění

Úřad vydává k provedení § 9 a § 12 zákona všeobecné oprávnění č. VO-R/12/09.2010-12 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz.

Všeobecné oprávnění vychází z principů zakotvených v zákoně, z kmitočtových plánů a harmonizačních záměrů Evropských společenství a nahrazuje všeobecné oprávnění č. VO-R/12/06.2010-9 zrušené článkem 4 všeobecného oprávnění.

V článku 2 jsou uvedeny podmínky provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz. Tyto podmínky vycházejí z rozhodnutí Evropské konference poštovních a telekomunikačních správ (CEPT), zejména z doporučení CEPT ERC/REC 70-03 – Užívání zařízení s krátkým dosahem, ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 1999/5/ES, o rádiových zařízeních a telekomunikačních koncových zařízeních a vzájemném uznávání jejich shody, z rozhodnutí Evropské komise 2010/368/EU ze dne 30. června 2010, kterým se mění rozhodnutí 2006/771/ES, o harmonizaci rádiového spektra pro zařízení krátkého dosahu, jakož i z požadavků vyplývajících z výkonu správy rádiového spektra.

Po vydání všeobecného oprávnění č. VO-R/12/06.2010-9 vydala Evropská komise výše uvedené rozhodnutí 2010/368/EU. Evropský radiokomunikační výbor dále vydal dne 1. června 2010 aktualizovanou verzi výše uvedeného doporučení CEPT ERC/REC 70-03. Za účelem implementace tohoto rozhodnutí a doporučení provedl Úřad ve smyslu § 12 zákona v tomto všeobecném oprávnění následující změnu v tabulce v článku 2 písm. b) pásmo *f* oproti všeobecnému oprávnění č. VO-R/12/06.2010-9: Vyzářený výkon byl stanoven jednotně na 40 dBm střední e.i.r.p., střední spektrální hustota 13 dBm/MHz bez ohledu na to, zda jde o použití uvnitř či vně budovy. V souvislosti s tím bylo využití technologie potlačení rušení v čl. 2 písm. f) rozšířeno i na pásmo *f*.

Článek 3 stanoví možnost provozu zařízení uvedených na trh před dnem 1. dubna 2003.

Článek 4 zrušuje všeobecné oprávnění č. VO-R/12/06.2010-9.

Článek 5 stanoví účinnost všeobecného oprávnění podle § 124 odst. 2 zákona.

Na základě § 130 zákona a podle Pravidel Českého telekomunikačního úřadu pro vedení konzultací na diskusním místě Úřad zveřejnil dne 16. srpna 2010 návrh opatření obecné povahy, kterým se vydává všeobecné oprávnění č. VO-R/12/XX.2010-Y k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat v pásmech 2,4 GHz až 66 GHz, a výzvu k podávání připomínek na diskusním místě.

V rámci veřejné konzultace Úřad neobdržel žádnou připomínku.



za Radu Českého telekomunikačního úřadu:
Ing. Jana Furstová
členka Rady
Českého telekomunikačního úřadu

Příloha B: *Srovnání aplikací pro testování datové propustnosti sítě*

Název aplikace	Minimální API (verze OS Android)	Česká lokalizace	Placená verze / mikrotransakce	Měření mobilních síti	Výběr serveru	Ukládání výsledků	Export dat	Seznam sítí bez připojení k internetu	Měření odezvy
DSL.cz	8 (2.2)	●	–	●	–	●	–	–	–
OpenSignal	Liší se podle zařízení (Liší se podle zařízení)	●	●	●	–	●	–	–	●
Rychlost.cz	8 (2.2)	●	–	●	–	●	–	–	●
Speed Analysis	10 (2.3)	–	–	●	–	●	–	–	–
Speedtest.net	Liší se podle zařízení (Liší se podle zařízení)	–	–	●	●	●	●	●	●

Příloha C: *Srovnání aplikací pro přehled Wi-Fi z hlediska síťové vrstvy*

Název aplikace	Minimální API (verze OS Android)	Česká lokalizace	Placená verze / mikrotransakce	Měření mobilních sítí	Wake on LAN	Export dat
Fing	8 (2.2)	-	-	-	●	●
IP Tools	11 (3.0)	●	-	-	●	-
Network Signal Info	11 (3.0)	-	●	●	-	-
Network Tools	10 (2.3)	-	-	●	-	-

Příloha D: *Srovnání aplikací pro přehled Wi-Fi z hlediska lokace*

Název aplikace	Minimální API (verze OS Android)	Česká lokalizace	Placená verze / mikrotransakce	Přidávání vlastních sítí	Textový seznam sítí	Seznam sítí bez připojení k internetu
WiFi Map Pro	8 (2.2)	–	–	●	–	●
Wifi Maps	11 (3.0)	–	–	–	●	–
WAD Wifi Map	11 (3.0)	–	–	–	–	●
Wifič	10 (2.3)	–	–	●	–	●

Příloha E: *Srovnání aplikací pro vytváření map pokrytí signálem*

Název aplikace	Minimální API (verze OS Android)	Česká lokalizace	Placená verze / mikrotransakce	Měření více AP	Nastavení rozmezí barev	Export dat
Home Wi-Fi Coverage	8 (2.2)	–	–	●	–	●
iMapper Wifi	11 (3.0)	–	–	–	●	–
Wi-Fi Coverage Mapper	11 (3.0)	–	–	–	–	●
Wi-Fi Maps Light	10 (2.3)	–	–	●	–	●
Wi-Fi Heat	8 (2.2)	–	–	●	–	●

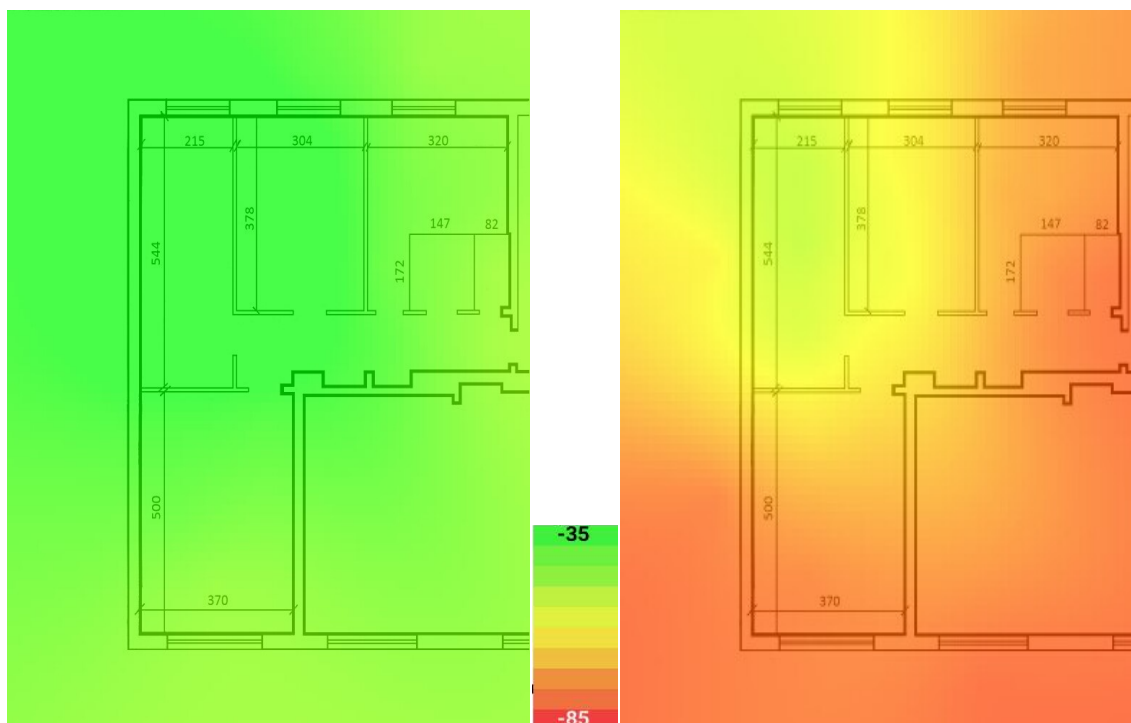
Příloha F: *Srovnání aplikací pro analýzu sítí v dosahu mobilního zařízení*

Název aplikace	Minimální API (verze OS Android)	Česká lokalizace	Placená verze / mikrotransakce	Měření více AP	Nastavení rozmezí barev	Export dat	Měření více AP
WiFi Overview 360	10 (2.3)	–	●	●	●	●	–
Wifi Analyzer	10 (2.3)	●	–	●	●	●	●
Netgear Wifi Analytics Tool	5 (2.0)	–	–	●	●	●	–
Wi-Fi Analytics	7 (2.1)		–	–			–
Wifi Explorer	8 (2.2)	–		–	–	–	–

Příloha G: *Naměřené výsledky na směrovači Asus RT-AC66U*

Home Wi-Fi Coverage

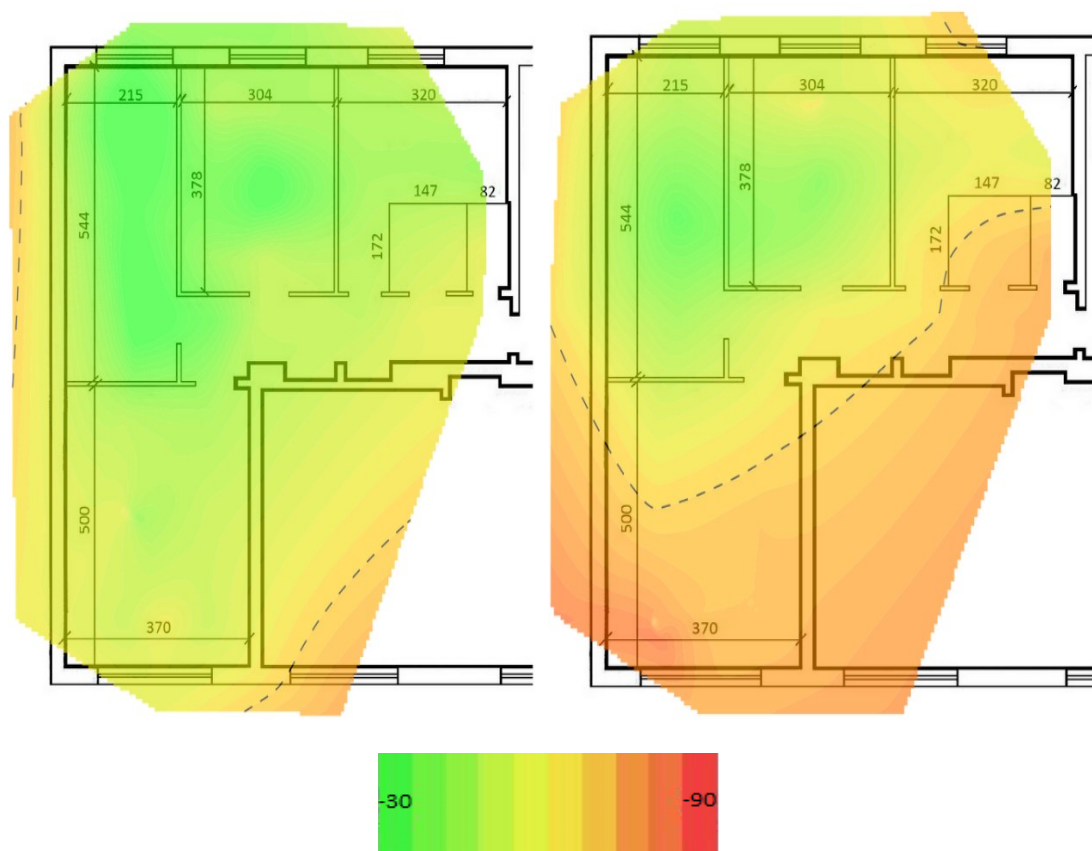
Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Home Wi-Fi Coverage (Breaking Best) lze vidět na obrázku G.1, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek G.1: *Výsledná mapa pokrytí signálem*

Wi-Fi Coverage Mapper

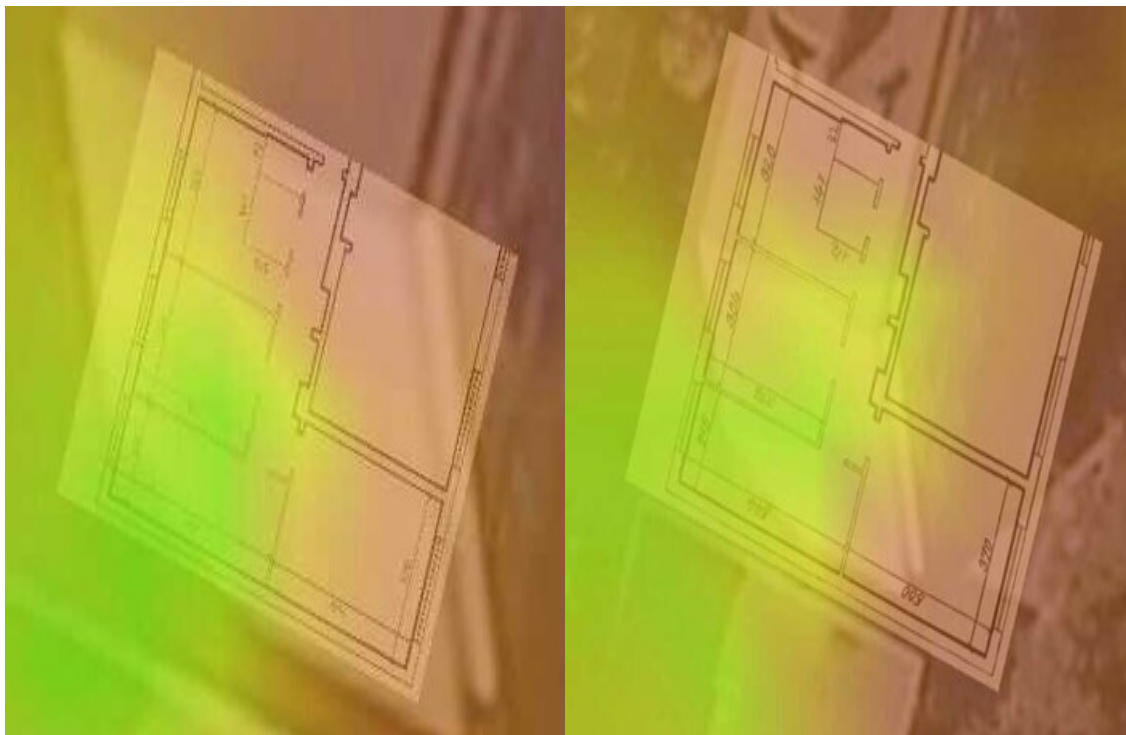
Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Wi-Fi Coverage Mapper (Adam Piontek) lze vidět na obrázku G.2, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek G.2: Ukázky výstupů z testovaných aplikací

Wi-Fi Heat

Výslednou mapu pokrytí signálem z aplikace Wi-Fi Heat (Slowchop Studios) lze vidět na obrázku G.3, kde výsledky ze zařízení Xiaomi Redmi 1S jsou vlevo, výsledky ze zařízení Samsung I9000 Galaxy S pak vpravo.



Obrázek G.3: Ukázky výstupů z testovaných aplikací